BIBLIOTECA
SCELTA
DI OPERE ITALIANE
ANTICHE E MODERNE

vol. 60

CAV. ANTONIO CAGNOLI

NOTIZIE ASTRONOMICHE.

Eugenio Silvestri inc.
CAV. ANTONIO CAGNOLI
Astronomo Veronese
nato l'anno 1743, morto l'anno 1816.

NOTIZIE ASTRONOMICHE

ADATTATE ALL' USO COMUNE

DAL CAVALIERE

ANTONIO CAGNOLI

MEMBRO DEL C. R. ISTITUTO, CAV. DELLA CORONA DI FERRO,
PRESIDENTE DELLA SOCIETA' ITALIANA, ECC. ECC.

PREMESSAVI LA VITA DELL' AUTORE

COMPILATA

DAL CAVALIERE

GIOVANNI LABUS

ORA DALLO STESSO RIVEDUTA E NOTABILMENTE AMPLIATA

CON TRE TAVOLE IN RAME

QUARTA EDIZIONE DELLA BIBLIOTECA SCELTA

MILANO 1851
DALLA TIPOGRAFIA DI GIO. SILVESTRI
Piazza S. Paolo, N.° 945, *Casa Tarsis.*

IL TIPOGRAFO

L'unico libro al quale la gioventù possa affidarsi onde attingere le prime nozioni di Astronomia, senza bisogno di aver fatto un corso di studi nelle matematiche, egli è il presente.

L'Autore aveva pubblicati in tanti separati Almanacchi i primi venticinque capitoli, coi quali poi formò due volumi che comparvero uno nel 1799 *e l'altro nel* 1802, *indi nell'Almanacco del* 1805 *diede alla luce il capitolo ventesimosesto, e in quello del* 1806 *il capitolo ventesimosettimo, che è l'ultimo di quest'opera.*

In questo solo volume trovansi racchiusi i suddetti ventisette capitoli, e inoltre un Indice generale delle Materie, in parte fatto dall'Autore e in parte favoritomi dalla gentilezza del ch. sig. cav. Francesco Carlini, *Presidente dell'I. R. Istituto Lombardo di Scienze Lettere ed Arti. L'opera è preceduta dalla Vita dell'Autore, compilata appositamente dal ch. sig. cav.* Gio. Labus, *Segretario dell'I. R. Istituto Lombardo di Scienze Lettere ed Arti, ora riveduta e notabilmente ampliata.*

Questo Volume della Biblioteca Scelta *fu accolto più di ogni altro, giacchè non bastarono le mie edizioni fatte negli anni* 1818, 1822 *e* 1826; *e continuando le ricerche di quest' Opera a fronte di altre ristampe eseguite sulla mia, io la riproduco appoggiata al Testo Originale dell' Autore, il quale è morto fino dal* 6 *Agosto dell' anno* 1816.

Al Ritratto nuovamente inciso ho fatto aggiungere qualche fregio analogo alla Scienza trattata dall' Autore.

La mia Biblioteca Scelta *volge oramai al suo compimento, e conta varie Opere utilissime per le diverse materie trattate; e benchè in alcune lo* stile *o la* lingua *non sieno classiche, possono però riputarsi tali pel merito delle cose che in esse contengonsi.*

Ho fiducia che la presente edizione essendo la più compiuta debba essere preferibile ad ogni altra per tutti i titoli.

VITA

DI

ANTONIO CAGNOLI

COMPILATA

DAL CAV. GIO. LABUS

La nobilissima città di Verona, sempre feconda di pellegrini intelletti, meritamente si gloria di *Antonio Cagnoli*. Imperocchè quivi nacque *Ottavio*, suo padre, che nel 1721 fu aggregato alla Cronaca maggiore del collegio di que'notai, ciò che importava la condizione di cittadino; quivi respirò le prime aure di vita *Elena Terzi*, sua madre, e di quivi amendue discendevano *stirpe antiquissima*, *hic sacra*, *hic genus*, *hic majorum multa vestigia*. Che se *Ottavio* per avere servito la Veneta Repubblica in parecchi decorosi uffici, dovette soggiornare quando in una e quando in altra di quelle provincie; e se per essere nell'isola dello Zante coll'onorevole grado di cancelliere presso *Giorgio Bembo*, governatore di quella, ivi il 29 settembre del 1743 gli nacque questo caro figliuolo; questi non si dee dire perciò nè Greco, nè Veneto, ma Veronese; chè nè il *Petrarca* si è mai detto Aretino, benchè nato a sorte in Arezzo; nè *M. Antonio Flaminio*, Friulano, benchè nato nel castello di Serravalle; nè Padovano il *Muzio*, nè Sorrentino il *Tasso*, benchè quegli in Padova e questi in Sorrento casualmente nascessero. La patria non è sempre il luogo in cui si nasce, ma si è quella donde si trae per antichissima discendenza l'origine, dove si hanno gli amati congiunti e gli affini, dove in pace riposano le reliquie de' nostri padri, e dove le memorie si serbano de' venerati nostri avoli.

In fatti non può credersi Greco, nè Veneto *Antonio Cagnoli*, dipoichè *Ottavio*, compiuto il termine del detto reggimento, ripatriò, conducendo seco coll' intiera famiglia il fanciullo, allora in età di due anni, il qual non rivide il Zante mai più. Nè per allora egli fece in patria lunga dimora, perocchè, siccome richiedevano le differenti incumbenze del suo genitore, lo ha condotto in parecchie città, dove *Antonio* trovandosi, e crescendo in età intraprese il suo tirocinio scolastico, variando insieme coi precettori i metodi ancora d'insegnamento. Dalla paterna sollecitudine gli vennero primieramente fatti conoscere gli elementi delle lettere, e ciò che vale assai più gli furono innestati nel cuore i principj delle cristiane virtù; ma divenuto un po' grandicello, fu affidato alle cure del padre *Calepio*, la cui mercè di otto anni a perfezione intendeva le principali operazioni aritmetiche, e spiegava i primi libri d'Euclide. Due anni dopo, dimorando in Vicenza, colla scorta dell'abate *Pavanello*, sapea gustare le finezze della lingua italiana e sentir molto innanzi nelle eleganze della latina. Essendo in Brescia ascoltò l'ab. *Podavini*, che dettava rettorica. Tornato a Vicenza nel 1758, gli furono dal prelodato *Pavanello* aperti i tesori della greca eloquenza. Sotto altri precettori diede opera alle scienze fisiche e morali, nè trascurò le matematiche, quantunque in queste per allora non s' internasse gran fatto. Bensì profittò assaissimo nell' altre preaccennate facoltà, massimamente nella pratica de' saggi ed onesti costumi; tale essendo stata la sua docilità, la modestia, la pietà, la riverenza verso i maggiori, e verso chiunque avea grido d' uomo dotto e virtuoso, che i più savj, vedendolo, ne stupivano, e facendogli festa pronosticavano dovere col tempo divenire un grand' uomo. Presagi faustissimi che a puntino si effettuarono, e che non erano da passarsi in silenzio, rari essendo i precoci ingegni che non fallissero le migliori speranze, o per difetto d' imperturbata stabilità negli studi, o per mancanza di vigoroso alimento o perchè paghi di quel fulgido lampo che abbaglia e sparisce fidandosi nel proprio ingegno, nel miglior uopo smarrirono la buona via. Oltracciò non è picciol vanto l'aver egli saputo afferrare in così tenera età la chiave di tutte le scienze, eseguire con sicurezza le complicate combinazioni dei numeri, e la riduzione de' rapporti alle più semplici forme di cui sono essi suscettibili, principalmente in unione della

nobile facoltà che dà vita e moto a tutte le matematiche, e i cui principj ancorchè elementari stancarono la mente di *Tolommeo Filadelfo* di sorte, che avendo chiesto al Geometra Allessandrino se poteagli spianare meglio la via, si udì rispondere la famosa sentenza non esservi strada particolare pei re. Se a ciò si aggiungano i progressi che fatto avea nelle lettere e l'ardore con cui solea coltivarle, comprenderemo di leggieri qual fuoco e qual virtù, e di che tempra si avesse nell'animo, renduta in seguito robustissima dall'abitudine e dal diletto che pigliò sempre di tutto ciò che potesse essergli di ottimo ammaestramento, il quale sebben vario e moltiplice, fu però quel buon seme che germogliò nell'età sua adulta e divenne l'appoggio il più solido, ed il più luminoso ornamento della sua fama.

E per dire qualche cosa de' metodi co' quali fu da'suoi precettori ammaestrato, rifletteremo che il *Pavanello*, il qual lo amava siccome figlio, non volle già per la favella del Lazio ingombrargli la mente colla infinita schiera di oscuri precetti, e di regole difficilissime; ma usando in vece pochi precetti e molto esercizio di leggere, tradurre e imitare il condusse a speditamente conoscere il vero spirito della pura e incontaminata latinità. Nè potea riuscire altrimenti, chè ciò risulta dal savio costume praticato da' buoni antichi, e sì caldamente raccomandato ai maestri dal *Fogliani*, dal *Ricci* e dal prelodato *Flaminio*, il quale affermava che per non aversi voluto seguire, erano pochi coloro che nello stesso suo secolo letteratissimo conoscessero la purità e l'eleganza dello scrivere latino, non che la sapessero mostrare, nè mettere in uso. Egli è per questo più che per altri motivi che oggidì anche non sono copiosi i latinisti di vaglia. Similmente per rispetto alla lingua italiana, ricordandogli che il miglior vanto d'un accurato scrittore è nella chiarezza, nella forza, nella eleganza, esigea che leggendo posatamente in sua compagnia i più celebri autori non solamente notasse le varie forme, e diremo così le diverse fattezze dalle parole per coglierne il vero significato, ma la composizione, il legamento, ed il costrutto delle medesime, dal quale derivando la varietà degli stili, importa moltissimo l'addestrarsi per tempo a formarsene uno che sia dolce, fluido e leggiadro.

Anche per l'arte di ragionare, *Antonio* studiò la logica prima dell'eloquenza, della quale inversione dell'ordine,

che allora era in uso, non si è giammai lamentato; poichè gli parve avergli la logica assai giovato per apprendere i precetti rettorici, e per apprezzar le bellezze de' migliori esemplari, quando poi ebbe a mettere gli uni in pratica e ad imitare le altre. Ciò che gli accade assai presto, piaciuto essendo al *Podavini* che componesse tre orazioni per tre solenni funzioni scolastiche, l' una nell' aprimento degli studi, l' altra nell' assumere il principato de' suoi condiscepoli, e la terza nel deporlo, nella quale discorse il bel tema *in che consista la vera e perfetta eloquenza.* Coteste orazioni, benchè scritte e recitate di soli quindici anni, si sono amorosamente da lui conservate, siccome quelle che reputava non disprezzabili a così tenera età. Fece anche varî lavori poetici, ma sembra che minore inclinazione abbia sempre avuto alla poesia che alla prosa. Fnalmente per la lingua greca, chiave di ogni scienza e gentilezza, la versione dell' orazione d' *Isocrate a Demonico* e quella in versi dei due primi Canti dell' Odissea, che rimangono inedite, chiariscono appieno quanto avesse in questa pure approfittato. Sappiamo che la sola traduzione d' *Isocrate* ebbe in appresso per lui qualche lima, e se, quando che sia, verrà essa pubblicata, sarà un bel documento del gagliardo suo ingegno, essendo ella tale, che a senno d' uomini peritissimi in quella morta favella, alcuni professori della medesima anche valenti se ne onorerebbero.

Ma i pubblici uffici con sommo decoro sostenuti da *Ottavio*, e la sua costante premura di procacciare al figliuolo più agiata fortuna, doveano a questo mettere in cuore non dissimili inclinazioni. Laonde si diede allo studio delle leggi e della politica, ed internatosi in quello, corse con franco e spedito legno il tempestoso mare de' civili impieghi, comecchè pieno di scogli e famoso per insigni naufragi. Prospera fu tuttavia la sua non breve navigazione governata con abito perfettissimo di prudenza e non minore onestà. Nel 1767 non avea che ventiquattro anni, ed era in Bergamo col grado di cancelliere assistente presso il capitano *Paolo Spinelli*; e di trenta, cioè nel 1773, partì per la Spagna col veneto ambasciatore *Marco Zeno*, invitatovi da lui medesimo, e seco tenuto qual compagno ed amico. Per verità gli riuscì gradevole questo viaggio lungo le ridenti spiagge della Provenza e della Catalogna, ma negar non si può che giunto in Madrid quel soggiorno gli divenne in

breve poco gradito. I doveri del suo ufficio, i rispetti sociali, i riguardi dovuti all'affettuosa famigliarità di cui eragli liberale l'ambasciatore, cospirarono a trarlo in mezzo al vortice de' cortigiani divagamenti mentr'egli in vece per indole e per abitudine era di continuo intento a sottrarsi da quell'onde che minacciavan di strascinarlo, ed a cercare anche in mezzo al tumulto la solitudine, onde pascere la sua mente e il suo cuore di utili cognizioni. Frequentava il più che poteva la dotta conversazione dell'ab. *Bayer*, precettore dell'infante *Don Gabriello*, ed autore di una eruditissima dissertazione sopra la lingua fenicia. Erasi legato in amicizia col *Campomanes* da lui qualificato l'ingegno più vasto e più copioso che avesse allora la Spagna, e non mancava di corrispondenza agli amici e concittadini, manifestando anche lontano il suo caldo affetto alle ottime discipline e la brama vivissima di giovare e rendere sempre più illustre la sua patria e l'Italia. Una sua lettera, che può servire per un saggio, fu da noi pubblicata nel tomo terzo della Biblioteca Italiana, dove può leggersi in un colla risposta di *Giuseppe Torelli*, al quale egli l'avea indirizzata.

Nel 1775 da Madrid si trasferì col prefato Veneto Ambasciatore alla corte di Francia, dove continuò a dividere il suo tempo tra l'adempimento de' suoi doveri, gli studi morali e filosofici, e lo scriver lettere agli amici. Essendo allora uscita la seconda edizione del trattato *Sull' utilità dell'alcali volatile fluore nelle morti apparenti*, del *Le Sage*, lo voltò egli nella propria favella per farlo conoscere all' Italia, mentrechè disponevasi ad offrire in sè stesso il rarissimo esempio di sortire chiarissimo e grande nelle scienze più elevate e difficili, benchè vi si fosse dato in virilità già innoltrata.

Questo fatto che ha tutte le sembianze d'un vero fenomeno, benchè non privo di esempli, fu in questo modo. Avendo egli veduto così per caso, con buon cannocchiale il pianeta Saturno, e distintamente il suo anello, si accese e s'invaghì sì fattamente degli studi Astronomici che volle fomarsi una idea del magnifico tempio del divino Creatore, vogliamo dire dell'edifizio de' cieli. Già la mercè degli studi filosofici che precedentemente avea fatto, sapeva benissimo che sono essi capevoli di tanti mondi quanti possano far corteggio alle stelle di che sono maestosamente adornati; che il sole centro de' vari pianeti che lo circondano, col

diluvio di luce che per tanti secoli versa e spande, riempiendone l'universo, mai però a quanto appare ad occhio mortale non gli se ne menoma una scintilla; conosceva l'ordinatissimo correre, l'affacciarsi regolarmente a' segni celesti, e l'avvicendarsi delle stagioni che fanno del nostro globo, per così dire tanti mondi diversi in quattro tempi dell'anno; e avea notato le grand'Alpi, le immense pianure, la sterminata profondità dell'Oceano, e tutto il pesantissimo e nell'equilibrio suo leggerissimo corpo di questa terra: ma quale fosse la vera figura, quale la grandezza, quali i movimenti, e le distanze e i fenomeni stupendissimi di tanti corpi celesti, e quale il reciproco rispetto loro in tanta varietà di tempi, di spazi, di misure, di moti non potea renderne alcuna ragione. Sicchè si accinse all'arduo cimento di arditamente percorrere tutte le parti preliminari delle astruse dottrine che a teoricamente conoscere il sidereo sistema ne conducono; superate le quali valorosamente in due anni, fece presso il celebre astronomo *De la Lande* il corso compiuto delle osservazioni. Nel 1780 scriveva egli: *questo è l'anno più memorabile della mia vita, avendo fatto inopinatamente la grande metamorfosi di saltare dagli studi metafisici, politici e morali ai matematici ed astronomici;* e che questa metamorfosi sia stata per verità prodigiosa può di leggieri conoscersi dal sapere che nell'ottobre del 1782 si trovò tanto innanzi nel conoscimento di queste sopreminenti dottrine, che fe'costrurre nella propria casa in Parigi nella corte di S. Guglielmo sull'imboccatura della strada delle Beccherie in quella di Richelieu un osservatorio astronomico, da lui fornito con generoso dispendio di scelti ed elaborati strumenti, fra' quali si annovera un quadrante mobile di tre piedi di raggio esattamente diviso un cannocchiale meridiano, una parallatica, un oriuolo a pendolo, un barometro; tutti eseguiti sotto i suoi occhi e la sua direzione dai più accreditati meccanici francesi. Con tali sussudj, intraprese e dedicò le intere notti alle osservazioni, intento a stabilire con esse i principali elementi del celeste sistema.

In quest'arduo esercizio bastò quaranta mesi continui: se non che i frutti che ne raccolse furono per lui, per l'Italia e per la scienza medesima sommamente preziosi. Imperocchè, essendosi allora intrapresa la riproduzione dell'Enciclopedia, distribuita in tante parti quante sono le

principali classificazioni dell' umano sapere, fu tosto il *Cagnoli* associato alla nobile impresa e per la classe astronomica dettò due ragionamenti, l' uno *sulla durata del crepuscolo*, l'altro *sulla massima luce di Venere*. La soluzione di questi problemi, e dell'altro che concerne il *Metodo per trovare la situazione dell' equatore d'un pianeta*, pubblicata nel tomo X della Collezione de' Dotti Stranieri dell' Accademia delle Scienze, furono accolte con plauso in Europa, e lo invogliarono d' intraprendere un lavoro molto più vasto, cioè la *Trigonometria piana e sferica*, la quale per la quantità delle cose che vi ha riunite, per l' ordine e per il modo elegante, chiaro ed esatto con cui le ha trattate venne dai periti reputata nel suo genere egregia. Essa fu impressa in Parigi co' bei tipi di *Ambrogio Didot*, e col privilegio di quell' Accademia nel 1786: lo stile ne è semplice, purgato, conciso, senza ricercatezza di frasi ed ornamenti orotorj, che mai si convengono all' esattezza matetica. Per rispetto poi alle cose che essa contiene il celebre Astronomo *Francesco Carlini*, la cui lingua e 'l petto son pieni di quelle sublimi dottrine che noi appena colla sommità de'labbri abbiamo gustate, ebbe a dire, che male avviserebbe chi volesse confonderla con tutte quelle che hannosi sotto il medesimo titolo. Stante che non è già una semplice compilazione di ciò che è stato trovato dai matematici, ma un trattato nuovo in gran parte, e nuovissimo nel metodo, e nel suo ordinamento. Pochi problemi ha l' Astronomia ne' quali non faccia il *Cagnoli* valere l' utilità de' suoi metodi dandone delle soluzioni principalmente mirabili per la loro semplicità. Egli non mai mosso dalla vaghezza di procacciar fama sorprendendo i lettori con invenzioni rifiorite d' una studiata apparenza di sublimità; ma unicamente intento, qual precettore amoroso, a condurre il suo alunno per la via più piana, cerca allettarlo sul limitare della scienza con cose facili, e delle quali subito apparisca il fine cui sono dirette. Chi mai, prosegue il prelodato grand' uomo, chi mai quantunque ignaro delle dottrine matematiche in leggendo il terzo capitolo di quell' opera, non si farebbe una distinta idea del modo con cui si risolve un triangolo rettangolo? Ora questa spiegazione affatto elementare conduce quasi impensatamente al teorema del seno della somma degli angoli, che è uno de' fondamentali nella trigonometria. Gli stessi principj del calcolo differenziale nelle mani del

Cagnoli diventano adattati alla più mediocre intelligenza. Egli ne restringe, è vero, i precetti alla sola differenziazione delle quantità algebraiche e trigonometriche, ma questi sono sufficienti al suo intento, e gli servono ad abbreviare molte dimostrazioni, e trattare i problemi di massimi e minimi, ed a collegare la trigonometria alla teorica delle serie infinite. Quindi veggonsi sorgere quasi spontanee le rappresentazioni del seno, e di questo per quelle; quindi le relazioni fra le potenze dei seni ed i seni dei multipli; quindi la dipendenza delle linee trigonometriche dalle funzioni esponenziali e logaritmiche colla interposizione enigmatica delle quantità immaginarie. Dalla definizione del calcolo differenziale nasce quella dell'integrale che è l'arte di risalire da quello alla funzione da cui deriva; ma *hoc opus*, *hic labor*, soggiunge acutamente il *Cagnoli*, e rimanda i desiderosi di più saperne alle inesauste fonti delle opere Euleriane. Il rinomato geometra, *Chompré* ne fece subito di concerto coll'Autore e per così dire sotto i suoi occhi, una elegante traduzione francese; e quando nel 1804 se ne divulgò la seconda edizione italiana in Bologna coi torchi dei fratelli *Masi*, avendovi il *Cagnoli* fatto parecchie mutazioni e miglioramenti, tutti i dotti convennero, esser essa dettata con tal sodezza di magistero da non lasciar più nulla cosa importante a desiderare. Fama è che il sig. *Gottevilt de Billek* cav. *di Billenberg* avesse in animo di recarla in tedesco, e che nel 1804 ne abbia scritto anche al nostro geometra, chiedendogli direzione e consiglio; ma ignoriamo se questo disegno sia stato di poi colorito; nè sappiamo se mai se ne sia fatto alcun cenno ne' giornali astronomici di Germania pubblicati intorno a quel tempo.

Ma ciò che ha meglio servito a spargere con rapidità e con altissimo plauso il nome d'*Antonio* in Europa fu la bellissima impresa ch'egli eseguì sulla fine dell'anno 1786 appena tornato in Verona, coll'acquistare ivi a bella posta una casa e costruirvi una nuova specula, sulla quale collocati quegli istrumenti che da Parigi vi avea tradotti, ripigliò con più vivo ed intenso ardore le sue geniali speculazioni, rivolgendo le prime sue indagini a determinare la latitudine e la longitudine del luogo dove intendeva a così nobili studi. Nella quale investigazione non ha punto fallito il suo scopo; perocchè statuì con deduzioni sicure cavate da osservazioni diligentissime sopra un'eclissi del sole,

e sopra sette occultazioni di stelle, che la torre maggiore della città di Verona, quella che d' altezza gareggia colle più rinomate e fa degnamente i primi inviti al forestiere ancor ben lontano, siede 8° 40′ 39″ all' oriente dell' Osservatorio Regio di Parigi: posizione notabilmente diversa da quelle che allora si ammettevano nelle opere degli astronomi più rinomati. Lungo sarebbe l' annoverare le altre scritture da lui divulgate quando per esporre il suo *Metodo per calcolare, le longitudini geografiche*, la qual fu premiata dalla R. Accademia di Copenaghen; quando sul *modo di determinare il tempo di una rotazione e la posizione dell'asse del sole e della luna relativamente al piano dell'eclittica* e quando sopra altri argomenti importantissimi per chi coltiva gli studi astronomoci e matematici. Veggasi l' indice copioso che ne daremo in fine di questa nostra fatica. Al presente bisogno ne basta per tutte ricordare il *Catalogo di stelle Boreali*, che diede fuori nell' anno 1803; catalogo che anche dopo quello del celebre *Piazzi*, non avverrà mai che non sia sommamente applaudito: stantechè mentre la Germania gloriavasi di quelli di *Mayer* e di *Sach*; l' Inghilterra di quelli di *Flamsteed*, di *Bradley*, di *Maskeyne*; la Francia di quei di *Lacaille*, di *Delambre* e dei due *Lalande*, l' Italia sola non potea dire ancora d' averne prodotto uno. Il *Cagnoli* però *ausus est rem etiam Deo improbam*, come *Plinio* si esprime parlando d' Ipparco, e il cominciò nella sua specula di Parigi negli anni 1783, 1784; lo proseguì in quella di Verona principalmente dal 1788 al 1792, e colla sua pazienza, costanza e intensissima diligenza lo avrebbe anche recato a maggior perfezione se fosse stato provveduto di strumenti di maggiore grandezza e se le vertigini che lo molestarono per un anno non lo avessero renduto incapace di proseguirlo senza manifesto pericolo di danni maggiori. Fa però maraviglia come con mediocri strumenti abbia egli potuto ottenere un pieno consenso colle posizioni stabilite nel grande catalogo Palermitano, il che non avrebbe certamente ottenuto se col lungo uso non avesse appreso a conoscerne e prevenirne le più minute e sfuggevoli inesatezze. Ma egli nell' esercizio dell' armi astronomiche erasi omai fatto gran maestro di giostre e di battaglie, e le maneggiava con braccio addestrato e robusto, come gli antichi paladini le loro fidate spade; onde la credulità del volgo e la fantasia dei poeti traeva argomento di celebrarle come fatate.

Sebbene fosse, come vedemmo, assiduamente occupato della scienza del cielo, non isdegnò di abbassarsi alla considerazione dei fenomeni atmosferici, prendendo egli pure a dissodare questo campo sterile fin ora e mal rispondente alle cure dei moderni osservatori; i quali ciò non pertanto non tralasciano di bagnarlo de' loro sudori sulla dubbia speranza che un giorno possano raccoglierne qualche frutto i più tardi nepoti E per verità dalle osservazioni barometriche per lui fatte negli anni 1788 e 1789, dedusse l'elevazione del pelo medio dell'Adige sul livello del mare Adriatico; in quanto poi alle meteorologiche, queste pure furono da lui intraprese nel 1788 e continuate nei successivi sino al 1796, divulgandone vari saggi nelle Memorie della Società Italiana, alla quale era stato ascritto fin dal 1783. Compilò parimenti dal 1787, al 1806 i tanto applauditi almanacchi astronomici col premettervi ogni anno una elegante dissertazione *diretta a render piane a qualunque persona colta la quale non sia iniziata nelle matematiche senza far uso di figure geometriche, nè di simboli algebraici, le dottrine e le cognizioni maravigliose che l'ingegno umano ha saputo acquistare nello studio de' cieli.* Bellissima è la chiarezza, e somma la profondità e la dottrina con cui ragiona in quest' opera delle costellazioni e dei segni dello zodiaco, delle figure e dimensioni del globo che abitiamo, de' vari fenomeni dell' atmosfera e dell' etere che lo circonda, e quindi dei crepuscoli, delle rifrazioni astronomiche, delle meteore, delle parallassi. Maravigliosa è la facilità con che spiega le distanze, le dimenzioni, la rotazione della luna, del sole, de' pianeti; quindi i movimenti della terra, e l' anno planetario, e l'anno terrestre, e la misura del tempo, e la variazione dei climi ed i periodi delle stagioni: notizie tutte che pochi sanno con esatezza, e che tutti sapere dovrebbero non solamente per lo diletto che seco recano, ma ben anche per le ultili applicazioni che fare se ne può in tante occorrenze ed avvenimenti della vita. Suol dirsi che la maggior parte delle scienze sia nata dai bisogni dell'uomo e che l' Astronomia debba l' origine ad un' oziosa curiosità. Non è improbabile che il fortunato mortale, il qual primo d' ogni altro mirando attentamente la volta celeste, colpito di sì maraviglioso spettacolo, intraprese quelle imperfettissime osservazioni che apersero la via ad ulteriori scoperte fosse infatti un curioso pastore:

ma quale distanza non bacci mai da chi bramò conoscere il numero ed il moto degli astri a chi penetrò negli arcani della natura! Quale immenso intervallo da quel grossolano intelletto che credea spegnersi il sole ogni sera per riaccendersi la mattina, all'arditissimo ingegno che dedusse tutti i fenomeni da una legge sola, da un principio semplice ed unico, e dimostrò per qual modo si regoli e conservi il moto dell' universo! Questi vide bilanciati i globi gli uni verso degli altri, compiendo invariabilmente la strada prescritta loro dal divino Architetto: questi li seguì nella loro irregolarità, e trovò la legge ed il principio ch' egli aveva annunziato. Da sì fatte sublimi speculazioni, e dalle accessorie dottrine che loro danno vita, incremento e valore, la meccanica, la fisica, la nautica, l'agricoltura, tutte in somma le facoltà che più abbelliscono la vita, raccolsero tali vantaggi che si può dire con verità, una nazione doversi reputare tanto più colta e svegliata, quanto più le elementari nozioni astronomiche sieno in essa più sparse e diffuse. Or tali notizie raccolte nelle presenti dissertazioni, o capitoli che dir si vogliano, sono quelle appunto che ora per la quarta volta si riproducono *in questa Biblioteca Scelta.*

Salito per questa e per le suannunciate fatiche il nome del *Cagnoli* in altissima riputazione, maraviglia non è se la Repubblica Veneta lo ebbe chiamato ad accorrere co' suoi lumi e consigli a dar legge alle ruinose acque del Brenta; del qual ufficio tuttavia si scusò, adducendo le sue diverse ed al tutto estranee applicazioni, e la poca sua perizia nell' idraulica scienza. *Sarò memore fin che avrò vita*, scrisse egli al Senato, *di questo tratto di clementissima fiducia dell'EE. VV., ma crederei maggiore la mia colpa se non manifestassi loro con aperta verità di non aver mai fatto studio particolare della scienza dell'acque. Siccome ogni matematico deve essere istruito nelle matematiche pure ed astratte, così tra' moltiplici rami delle miste o concrete, non avendo bisogno chi si dedica ad uno di conoscere tutti gli altri, io confesso d' essermi unicamente applicato all'astronomia. Conoscendo adunque di non potere senza esporre la mia probità, dire opinione in materia d' acque, la quale mi è affatto ignota; mi trovo in necessità d' invocare un benigno compatimento e perdono, se non posso accettare di assumere l'incumbenza della quale era stato creduto degno e della quale umilmente*

imploro di essere dispensato. Queste parole notabili chiariscono appieno quanto schivo egli fosse degli onori ond' è sì cupida l'immoderata ambizione e come nemico dell' arroganza che si attribuisce prerogative con saldo valore non meritate. Imperocchè niuno potrà mai credere che il *Cagnoli*, il qual da sè solo divenir seppe geometra e profondissimo astromo, essendo altresì già fornito de' sussidj che la matematica somministra in ogni genere di fisiche applicazioni, non potesse, volendo, rendersi adatto a pronunziare giudizio sopra il problema popostogli. Ma vedemmo quant' umile fosse, modesto e prudente sin da' primi anni suoi, e sapendo egli come l' idraulica scienza sia dubbiosa ancora ed ipotetica, non ardì eimentarsi a muovere i passi incerti in fra le tenebre che d' ogni parte circondano così fatti argomenti.

Ma quanto il valent' uomo fu pronto e destro nello schermirsi dell' onore offertogli dalla Repubblica Veneta, altrettanto di buon grado accolse un' affettuosa testimonianza di estimazione esibitagli da' suoi concittadini: dolcissima ricompensa di tante onorate fatiche sue, la quale sebbene la più vicina, è però non di rado la più tarda e più difficile a conseguirsi. Fiorisce in Verona un' ullustre Accademia di Agricoltura, Commercio ed Arti, che per decreto del Senato Veneto, e per elezione dei primi diciotto socj fatta dal consiglio gravissimo di quella città ebbe principio nel 1768, e regolar forma nell' anno appresso. Il conte *Zaccaria Betti* pel corso di quasi venti anni interi erane stato l' attivissimo e benemerito segretario; ma venuto questi a morte a' 18 di agosto del 1788, con tutti i suffragi fu eletto il *Cagnoli* a successor del defunto. *E quale scelta*, dice il Del Bene, *più gloriosa alla memoria del* Betti, *quale per noi più onorevole, quale più conducente ai progressi della nazionale prosperità, quale insomma farsi poteva per ogni riguardo più degna di quella che per noi si fece di chi e per doti d' ingegno, e per profondità di studi e per celebrità di nome, per eccellenti prerogative morali risarcirne dovesse l' amara perdita; ch' è quanto dire Antonio Cagnoli?* Il quale accettando il grave incarico, ed adempiendone esattamente tutti i doveri non si può appieno esprimere il caldissimo zelo che spiegò acciocchè non rimanesse intentato niun modo atto a promnovere la miglior disciplina, gli studi, e l' onore di essa, sì coi registri molti-

plici, alcuni de'quali furono da lui medesimo istituiti, sì co' prudentissimi regolamenti che a sua proposizione furono adottati e costantemente ritenuti, sì finalmente col letterario carteggio, procacciandole nuovi mezzi ad incremento delle scientifiche produzioni e delle arti meccaniche. Da lui nacque, e fu secondato coll' opera il divisamento di levare una perfettissima pianta della città; da lui furono acconciamente distribuite ed agevolate le corrispondenze accademiche col territorio e cogli esteri; da lui fu segnata la prima volta la via non facile delle pubbliche narrazioni annuali. Onde il 18 novembre del 1797 ebbe una solenne dimostrazione di grato animo da' suoi soci per ispontaneo e generale loro commovimento.

Frattanto essendo uscito di vita l'illustre matematico *Anton Maria Lorgna*, presidente e fondatore della Società Italiana, non riconobbero i socj di quella piloto più esperto del nostro *Cagnoli* per reggerla ne' procellosi tempi che all'Italia si preparavano, e perciò con universale consenso fu pregato d'esserne il moderatore: quest'onorevole incarico egli assunse il 30 novembre del 1796. In quali angustie siasi trovato, e quante fatiche abbia sostenuto ne' primi sei anni del suo governo, meglio che per noi, si appara dagli Annali della stessa illustre Società, anzi da que' dell' Italia, posta in iscompiglio dall' armi straniere che ovunque recarono sterminj e ruine, e tutte sconvolsero le sue più antiche e e laudabili istituzioni. Già il militare tumulto è giunto alle rive dell'Adige, nè in tanto conturbamento il novello *Archimede* punto si distrae dai suoi pacifici studj. Ma percossa Verona dall' esercito francese che ne aveva occupato i castelli, una bomba del calibro di 500 a piombar venne nella stanza medesima ov' erano adunati la famiglia di lui ed i giovani *Sceriman* coll' ajo loro. Quest' ultimo solo ne fu mortalmente colpito, gli altri non ne riportarono alcuna offesa, fuor dello spavento. Però ne fu danneggiata l'intera casa, e l'osservatorio e le macchine dilicatissime che lo adornavano. Come ciò tornasse amaro al *Cagnoli*, coloro soltanto possono pienamente conoscere che valutar sanno l'affetto che ripongono i dotti in quelle care suppellettili dalle quali traggono, dopo Dio, il maggiore loro conforto. Qual uomo che cerca sollievo alla sua sciagura narrandola a chi può sentirne tutta la gravezza egli scrisse tosto il deplorabile avvenimento all'amico *Lalande*. Questi ne partecipò

le querele al generale *Bonaparte* che comandava in Italia, il quale colse volenteroso l'occasione di far risplendere la sua generosità, ed il favore che prometteva alle scienze: e se non avea potuto, come il Macedone, salvare dalla comune ruina la casa d'un uomo illustre, volle almeno mostrarsi sollecito di ripararne il guasto, scrivendo al *Cagnoli* una lettera che vogliamo qui riportare. *J'ai donné ordre*, così si espresse in data del 6 luglio 1797, *au citoyen Haller de vous faire rembourser la somme de quatre mille francs, pour vous indemniser de pertes que vous avez faites pendant les malheureux événemens de Véronne. Je lui ai ordonné également de prendre les mesures pour vous faire donner dix mille francs pour augmenter le fond de la Société Italienne de Véronne, légué par le celebre* Lorgna, *à la quelle nous sommes redevables de plusieurs Mémoires utiles sur les sciences exactes. Vous ne devez avoir aucune espèces d'inquietude pour la Société Italienne, et je vons prie de me faire connoitre tout ce qu'il y aurait moyen de faire pour ameliorer son organisation et la rendre plus utile aux progrès des connoissances humaines. Croyez, je vous prie, au desir que j'ai de faire quelque chose qui soit avantageux à votre Société.*

Sebbene queste generose parole fossero assai confortevoli per la Società e per l'esimio suo Presidente, e lor promettessero nuovo aumento di gloria, riuscirono tuttavia molto gravi ad *Antonio*, che dovette scontarne il prezzo coll' inestimabile sacrificio della sua quiete. Passarono quattro mesi e volle *Bonaparte* che la Società, e con essa il suo Presidente trasferisse la sua dimora in Milano, e decretò che il *Cagnoli* fosse associato agli astronomi di Brera, col grado e cogli emolumenti uguali a quelli che percepiva il celeberrimo *Oriani*. Invano egli oppose le più gravi difficoltà; furono tutte con nuovo decreto del 13 novembre dell'anno stesso disciolte: perlocchè tolto al nostro Autore ogni arbitrio e renduta vana ogni scusa dovette venire a Milano, ed ebbe ospizio nel Palazzo di Brera; ivi accolto colle maggiori dimostrazioni d'affetto, di stima e di riverenza da que' sommi uomini, che vivi ancora e sani e infaticabili onorano colla scienza, probità, e colle opere loro il nome italiano.

Oltre il conferitogli grado d'astronomo venne chiamato a sedere nel gran Consiglio della Repubblica Cisalpina, il

qual ufficio essendogli sopra ogni altro molesto, per esentarsene, non isdegnò la esibitagli Cattedra di professore di Matematica sublime nella scuola militare eretta in Modena nel 1798, ove accrebbe colla sua virtù e col suo raro sapere lustro e decoro alla eletta schiera de' suoi colleghi. Niuna disciplina per la piacevolezza e benignità di lui ha quivi perduto del suo vigore, molte l'hanno accresciuto: niuno per la rigidezza del suo zelo rivolto a promuovere attivissimamente l'amor dello studio si è mai partito malcontento da lui. Le ammonizioni, i consigli, le correzioni medesime nella bocca sua confettavano per così dire la naturale amarezza in modo che riuscivano gustose non meno che salutifere. Non la moltitudine delle cure, non la stanchezza della testa, non la strettezza del tempo gli fe' ristringere ad alcuno la soddisfazione di favellargli: in iscuola, in casa, al passeggio mai piccolo segno di tedio contaminò ne' discepoli la dolcezza di tal conforto. La noja quasi indivisibile della ordinaria occupazione di chi dall'altezza delle più sublimi speculazioni scender deve quasi ogni dì a spiegare teoremi ed a risolver problemi ripetuti le mille volte parve bandita dal suo cuore e dal suo aspetto. Che direm poi di quanto gli dovettero quegli studenti per le sue morali virtù? le quali ne gli istitutori valgono più d'ogni parola per regolare i discepoli, riuscendo grave a molti il far ciò che il superiore dice, ma leggerissimo a ciascuno il fare ciò ch'egli fa. Delle molte opere quivi pubblicate, e che tralasciamo di rammentare per amore di brevità, niuna ve ne ha che non sia lodata e pregevole; niuno havvi che neghi esservi lui stato colle sue indefesse sollecitudini, e col suo zelo puro e fervente, fulgido specchio ed esempio a ciascuno. Chi non conosce l'insigne *Trattato delle Sessioni Coniche* commessogli, e generosamente rimunerato dal governo di allora! Chi non sa dal fiorito Ginnasio di Modena essere usciti come dal cavallo di Troia i più eccellenti architettori ed ingegneri che richiamarono la sviata milizia italiana sulle dritte orme dell'antica sua fama!

Nel 1802 si terminò il primo sessenio della gloriosa sua presidenza della Società Italiana. La modestia, l'affetto di lui per quella rinomatissima colleganza di scienziati uomini, la rettitudine dell'animo suo sempre candido e ingenuo anche in questa occasione luminosamente si fe' palese. *Degli Annali della nostra Società*, egli scrisse ai colleghi, il 15

settembre *che leggeste in fronte del tomo IX, facilmente s'intende, non aver potuto esser lievi le fatiche e le cure della Presidenza sotto gli eventi varj dello scadente sessennio. Valse a conforto il vederne riuscire aumento di gloria, di rendite, e di attività, senza che l'ultima fosse impedita nè meno dal bollor della guerra. Ho anche potuto mantenere illeso finora l'essenziale deposito, che affidato m'avete, dello Statuto; ad onta di gravi amarezze da parte di chi dovevo attenderle meno: le quali m'avrebbero indotto a rinunziare alla Presidenza, se il termine statutario fosse stato più remoto. La depongo con tanto maggior fiducia di non aver demeritato il campatimento degli amatissimi e stimatissimi Colleghi, quanto che più e più d'essi me ne han già dato affettuosi segni, ed han cooperato con le produzioni e i consigli allo splendore ed alla vita del nostro Corpo. E come peso, e come onore, giusta cosa è che la Presidenza circoli. Io vi presento adunque con evidente sincerità le più calde istanze, affinchè nella nomina, cui siete invitato dal Segretario, non vogliate pensare alla mia persona, ma bensì porre gli occhi sopra tant'altri de' nostri Compagni, che sono attissimi a sostenere meglio di me un tale incarico.* A malgrado di sì fervorose preghiere fu egli rieletto a gran maggioranza di voti; e sebbene ancora insistesse per esserne dispensato, e confessasse colla lettera 30 novembre 1803 che *il pegno datogli di approvazione al suo passato contegno gli penetrava sin entro il cuore, e sarebbe solo esso bastevole a vincere le già spiegate sue renitenze, se le presenti occupazioni gli permettessero, senza manifesto sacrificio della salute, di sostenere col dovuto zelo le funzioni ogni giorno più laboriose della presidenza*, non di meno gli fu mestieri aderire, massimamente perchè la sua ritrosia poteva essere allora di gran pregiudizio alla Società. Ciò stesso avvenne altresì nel terzo sessennio.

Ma appunto le diuturne fatiche per lui sostenute, quanto inestimabile faceano il prezzo de' giorni suoi, logoravano altrettanto la sua mal ferma complessione, in maniera che infievolito nel sistema nervoso, e deteriorata la sua memoria e il vigor delle gambe, trovò necessario di chiedere almeno un sollievo nei doveri della sua cattedra, o l'assoluto riposo. Ciò che indugiando il Governo a concedergli, perchè conoscea molto bene il gravissimo danno che le scuole ne

soffrirebbero, fattosi a maneggiare tal negozio il general *Miollis* tenerissimo del *Cagnoli*, così scrisse al Governo il 17 settembre 1806: *Il s'agit de l'existence d'un des savans du siècle qui a consacré sa vie à éclairer la carrière des sciences exactes d'une manière à reclamer la reconnoissance publique; et il est pressant de pourvoir à la conservation d'une source aussi précieuse, qui donne la vie à des rameaux si utiles du Génie.* Ottenne quindi il suo congedo, e provveduto di una pensione di lire 2000, volò a' patrj lari nel 1807. Quivi attese a rinfrancare il meglio che potè la salute, senza però poterla ingagliardire mai più, avvegnachè non molto di poi gli si accrebbe la debolezza per modo che gli avvenne ciò che di *Messala Corvino*, e di *Orbilio* maestro d'*Orazio* narran gli antichi, cioè che spogliata di ogni reminiscenza la mente, delle stesse sue cognizioni astronomiche, ch'eran tante, non potea più renderne agli altri il minimo conto. Pur questa si gran miseria egli sopportò con infinita tranquillità, nè di questa venne mai meno la serena sua fronte, se non che allora che grave di anni, e più assai grave di meriti, colto da un colpo d'apoplessia, fu spento alla luce per sempre il 6 agosto del 1816.

La sua memoria rimane onorata e dolcissima appresso tutti quelli che o lo conobbero o seco lui usarono familiarmente. I più reputati Giornali scientifici di Germania, di Francia e d' Italia fecero a gara nel celebrare gli esimj suoi meriti, e il cav. *Ippolito Pindemonte*, vivente splendore delle italiane lettere, ne ha pianto la fatal dipartita con dodici aurei sonetti degni del minio e del cedro.

Fu *Antonio Cagnoli* di fronte spaziosa, d' occhi vivaci, naso aquilino, volto rotondo; statura mediocre, complesso nella persona, dignitoso e composto nel suo portamento. Non isdegnava le familiari conversazioni, e ne' suoi ragionamenti pasceva gli animi d' una dolcezza non sazievole, non affettata, ma nemmeno insipida, o di leggero nudrimento. Rifioriva i discorsi più serj con alcuni motti così gentili, che senza offendere punto colla mordacità o colla licenza, aggiungnevano sol quella grazia che dar sogliono poche droghe alle vivande più dilicate. Sempre tranquillo e sincero, sempre savio, circospetto e prudente nobilitava quanto faceva e diceva con una cert' aria di dignità che imponeva rispetto e riverenza a ciascuno. Fu costante nelle

amicizie esatto, nell' adempimento de' suoi doveri, benigno e compassionevole verso i miseri e gl' infelici. In tutta la sua vita non rallentò mai quel fervido affetto alla nostra santissima Religione che gli fu innestato nel cuore sin dall' infanzia; e di questa bellissima lode, meritatasi colla immobile sua pietà, sono testimonj non uomini particolari, come si fa ne' giudizj ma città intere; Bergamo, Madrid, Parigi, Milano, Modena, Verona, ed ogn' altra, ove dimorò qualche tempo; le quali tutte consentono in riconoscere nella gravità de' suoi costumi, nel candore del suo animo, nelle urbanità del suo tratto, nella sapienza de' suoi detti, nella purezza delle sue affezioni una perfetta idea del filosofo Cristiano.

Nell'anno 1805 venne invitato con *lettere chiuse* a trovarsi presente all' incoronazione del re d'Italia; fu decorato dell' ordine della corona di ferro, e appartenne a 21 Accademie di scienze, fra le quali voglionsi ricordare la Società Italiana, di cui fu eletto, come abbiam detto, e conservato presidente per tre sessennj, l' Istituito di Bologna, la Società Patriotica di Milano, le Accademie di Torino, di Francia e di Monaco, e i RR. Istituiti Italiano e Francese. Vedemmo in Verona nel crocchio erudito che suol fare degno e meritato corteggiamento alla contessa *Silvia Curtoni Verza* questo vecchio dottissimo, e perchè ci fu caro l'occhio benigno con che talvolta ci solea risguardare, ci è anche rimasa profondamente impressa nella memoria la sua veneranda canizie; renduta più illustre e più rispettabile del richissimo arredo delle più luminose virtù. Ci siam quindi ingegnati di figurarne e descriverne in pochi tratti di schiettissima narrazione la vita. — Felice l'uomo che, modesto ne' modi, ne' concetti savio e prudente, negli affetti benigno, liberale, amorevole, lascia di sè un desiderio sì vivo e sì tenero come lo ha lasciato il *Cagnoli!*

NOTIZIE ASTRONOMICHE

ADATTATE ALL'USO COMUNE

CAPITOLO I.

Alcuni principj d' Astronomia.

1. Gli astri che popolano il firmamento son di due specie: altri rimangono sempre nel medesimo sito, e si appellano *stelle fisse;* altri mutano luogo continuamente, e si chiamano *pianeti*, che in greco significa *erranti.*

2. I pianeti si dividono in tre classi: pianeti primari, pianeti secondari e comete. I pianeti primari, conosciuti finora, sono sette: cioè Mercurio, Venere, la Terra, Marte, Giove, Saturno ed Urano, che anche dicesi *Herschel* dal nome di chi lo ha scoperto diciotto anni fa solamente. Il primo non può vedersi con l' occhio nudo, attesa la sua picciolezza, e l' ultimo attesa la sua lontananza. Ciascuno dei pianeti primari, secondo il sistema copernicano, presentemente adottato da tutti gli astronomi, gira d' intorno al sole: ragion vuole che i più lontani da esso mettan più tempo a compiere il giro; non è però che la distanza sia doppia se il tempo è doppio. Altra proporzione è quella che regna, e regna sovranamente, non essendovi pianeta d'alcuna classe che ardisca di trasgredirla. Ne sarà reso conto opportunamente: intanto si dirà per anticipazione che Mercurio fa la sua rivoluzione in giorni 88, Venere in sette mesi e mezzo, la Terra in un anno, Marte in

ventidue mesi e mezzo, Giove in anni 12 manco 50 giorni, Saturno in anni 29 e mezzo, Urano in anni 84.

3. I pianeti secondari, noti finora, sono dieci, cioè: la Luna, che è il satellite della Terra, i quattro satelliti di Giove e i cinque satelliti di Saturno. Si dicono secondari, poichè soggetti a girare d'intorno al loro pianeta principale.

4. Le comete sono del genere de' pianeti primari, poichè girano d'intorno al sole. Sono 85 le comete, tra le scoperte finora, delle quali è stata calcolata l'orbita, cioè la strada che fanno girando d'intorno al sole. Ora che la perfezione de' cannocchiali va sempre crescendo, e che gli astronomi sono animati dal buon esito delle loro enormi fatiche nel cercar le comete, non passa quasi anno che una o più d'una non se ne scopra; sicchè molto è probabile che il numero loro sia grande. Le comete si distinguono da' pianeti massimamente in questo, che restano poco tempo nelle vicinanze del sole e nostre, e consumano altre molt'anni, altre secoli, avanti di ritornarvi. La loro orbita è come una spuola, dentro la quale il sole si trova vicino ad una delle estremità. All'incontro l'orbita de' pianeti primari è quasi circolare, ed il sole sta poco lontano dal centro.

5. Tolti i pianeti d'ogni classe, tutti gli altri astri che rimiriamo, senza eccettuare il sole, sono stelle fisse. Della stessa natura di lui, cioè corpi lucenti di luce propria, fa credere che elle sieno quello splendore scintillante e vivace, di cui brillano specialmente le principali che debbon supporsi a noi più prossime. Le distanze dei pianeti dal sole e dalla terra, si misurano con quegl'istromenti e con quelle regole stesse con cui non fallano di sei piedi i geografi nel determinar la distanza tra due paesi senza misurarla con la pertica. Ma la lontananza delle stelle fisse è sì disorbitante che passa ogni industria umana per limitarla. Sappiam solamente che non può darsi che una stella sia manco lontana da noi di diciassette bilioni di miglia, o sia diciassette milioni di

volte, un milione di miglia: il di più della lontananza di ciascheduna ci resta finora ignoto. Da così fatte distanze pertanto, come potrebbe venir fino a noi lo splendor delle stelle, se luce propria non fosse, ma luce di riflessione? Vediamo quanto sia debole, in paragon della luce diretta del sole, quella che i pianeti da lui ricevono e rimandano a noi. Questa, essendo moderata e tranquilla, punto non assomiglia quel vivo fulgor delle stelle: e pure i pianeti son le migliaia e migliaia di volte a noi più vicini di quel che sieno le stelle. Sono dunque gli astronomi tutti concordi nel credere che ognuna delle stelle fisse sia un sole; della loro grossezza non hanno alcuna traccia; della distanza hanno solo una cognizion negativa, qual s' è già detta, e tengono finalmente per molto probabile che quelle che compariscono agli occhi nostri più luminose, sieno le più vicine.

6. *Ipparco* fu il primo che fece un inventario alquanto esatto del numero e posizione delle stelle visibili all' occhio nudo. Questo astronomo fiorì in Alessandria un secolo e mezzo avanti l' Era Cristiana, e da lui comincia la vera Astronomia. Plinio lo celebra con alte lodi per avere egli osato di presentare agli occhi dei posteri l' anagrafia del cielo. Il catalogo d' Ipparco contiene 1,022 stelle, ripartite in sei classi di grandezze apparenti, cioè 15 più belle o sia di prima grandezza, 45 di seconda, 208 di terza, 474 di quarta, 217 di quinta, 49 di sesta e 14 sotto il nome di *nebulose*, delle quali si darà notizia a suo tempo. Per aver facile il modo di chiamare per nome ciascuna di tante stelle, fu adottato l' espediente, già immaginato, e introdotto molti secoli prima, di finger nel cielo diverse figure di uomini o di animali, a ciascuna delle quali appartenesse un gruppo di stelle per quanto l' ideata figura stendeasi. Codeste figure si appellano *costellazioni*, vocabolo che significa unione di stelle; queste poi distingueansi, chiamando l' uno l' occhio, altra il piede, e così discorrendo, se-

condo che alle diverse parti della figura corrispondevano.

7. Gli antichi composero 48 costellazioni: dodici nello zodiaco (questo nome si dichiarerà quanto prima (15)); ventuna di sopra, cioè tra lo zodiaco ed il polo settentrionale; e quindici di sotto, o sia tra lo zodiaco ed il polo meridionale. I moderni ne aggiunsero molte; giacchè con l'invenzione de' cannocchiali si aumentò grandemente il numero delle stelle conosciute. Il catalogo di *Flamsteedt*, formato in principio del presente secolo, contiene la posizione di quasi tremila. Pur quelle non sono ancora che piccola parte della innumerabile moltitudine di stelle che si discoprono coi cannocchiali ridotti alla perfezione d'oggidì. Quanto è miglior l'istromento, tanto si vede più in là, tanto più stelle si scorgono, e indarno si cercan per alcun verso i confini del firmamento.

8. Se ogni stella è un sole, se niuno di questi soli è fatto invano, se dunque ognuno illuminasse, come fa il nostro, un certo numero di pianeti a lui subordinati, se ognuno di questi pianeti fosse abitato da creature intelligenti e capaci di glorificarne l'Autore, quale maestosa ed immensa idea dell'Ente infinito sarebbe quella che gli astronomi hanno un diritto probabile di formarsi?

9. Le figure delle costellazioni per la più parte son del tutto arbitrarie, rare volte vedendosi in cielo qualche rassomiglianza con le figure medesime. Le stelle della corona del carro, della croce, del triangolo, e pochissime altre, presentano all'occhio una tal quale immagine analoga a quelle denominazioni. Dell'origine di questi nomi e figure si parlerà nel seguente capitolo: intanto, per cominciar a far noto il gran teatro dell'universo, si pongono in mano al lettore due tavole contenenti le stelle di prima e seconda grandezza, collocate nelle loro giuste posizioni l'una rispetto all'altra, con una spiegazione, mediante la quale possa ciascuno, guardando il cielo,

apprendere il nome delle stelle principali od almeno a qual costellazione appartengono.

10. In queste tavole il circolo rappresenta l'orizzonte; il centro del circolo corrisponde al punto del cielo che è sopra il nostro capo perpendicolarmente, e che si chiama *zenit*. Nei giorni ed ore segnate appiede della prima tavola osserverete, per esempio, vicinissima allo zenit la più bella stella, se si eccettui la capra, della costellazione dell' auriga. Discendendo quindi con l'occhio dallo zenit verso l'orizzonte, e tenendo la faccia voltata verso mezzogiorno, incontrerete a destra la costellazione del toro, a sinistra quella de' gemelli. Chinando tuttavia l'occhio vi abbatterete nella costellazione d'orione; più basso a sinistra in quella del cane maggiore, detta anche canicola, e presso all' orizzonte in una stella detta colomba.

Spiegazione della tavola I.

1. *La Nave degli Argonauti.*
2. *La Colomba di Noè.*
3. *La Canicola. Una delle cinque stelle: è la più bella che sia nel cielo, e si chiama Sirio.*
4. *Orione. Le due stelle più alte sono le spalle, la più bassa il piede; le altre tre la cintura, detta volgarmente il* rastrello, *la falce o i tre re.*
5. *Il Po.*
6. *Il cuore dell' Idra.*
7. *Procione o il cane minore.*
8. *I Gemelli:* a *testa di Castore,* b *testa di Polluce,* c *piè di Polluce.*
9. *Il Toro:* a *l' occhio del Toro,* b *le Jadi,* c *le Plejadi, volgarmente la* Chiocchetta; d *corno del Toro.*
10. *La balena. La stella più bassa varia di luce, e talvolta sparisce affatto.*
11. *La testa dell' Ariete.*
12. *Il Leone. La più bella delle quattro stelle si chiama Regolo o il cuor del Leone.*
13. *L' Auriga o sia il cocchiere.*

14. *La Capra Amaltea.*
15. *Perseo.*
16. *La testa di Medusa.*
17. *Andromeda ;* a *la coscia,* b *la cintura,* c *la testa.*
18. *Il quadrato di Pegaso.*
19. *Orsa maggiore, detta anche il Carro.*
20. *Coda del Dragone.*
21. *Testa del Dragone.*
22. *Orsa minore. La più alta delle sette, la stella popolare.*
23. *Coda del Cigno.*

Spiegazione della tavola II.

1. *Il cuore dello Scorpione.*
2. *La testa dello Scorpione.*
3. *I due gusci della Libra.*
4. *La spica della Vergine.*
5. *L'Aquila.*
6. *La testa di Ofioco.*
7. *La testa di Ercole.*
8. *Il cuor del Serpente.*
10. *La Lira.*
11. *La Corona.*
12. *Arturo; lo più bella stella della costellazione di Boote.*
13. *Il quadrato di Pegaso. Vi concorre a formarlo la testa di Andromeda.*
14. *Andromeda:* a *la coscia,* b *la cintura,* c *la testa.*
15. *La coda del Cigno.*
16. *La testa del Dragone.*
17. *La coda del Dragone.*
18. *L'Orsa minore. La più bassa delle sette è la stella polare. Il punto vivino è il polo.*
19. *L'Orsa maggiore, detta anche il carro.*
20. *La coda del Leone.*
21 *La Groppa del Leone.*
22. *La testa di Medusa.*
23. *Perseo.*

24. *La Capra Amaltea.*
25. *L'Auriga o sia il cocchiere.*

11. Rivolgendo la faccia, come innanzi s'è detto, ai diversi punti dell'orizzonte, si potranno riconoscere a nome nel cielo tutte le stelle collocate nelle due tavole. Nè questo studio si potrà fare soltanto ne' giorni prescritti, ma stessamente anche in quelli tramezzo, purchè si prendano le ore intermedie in proporzione. Sicchè se si voglia, per esempio, osservare il cielo la sera del 7 di gennajo, il momento opportuno e preciso sarà alle ore 5, min. 53; poichè il periodo di 12 giorni dal 2 al 14 portando l'anticipazione d'un'ora dalle 6 alle 5, un'ora su dodici giorni produce min. 5 al giorno. Tutto questo per altro si deve intendere largamente, giacchè mezz'ora più o meno non fa alterazione tanto notabile nell'aspetto del cielo che possa generar confusione e difficoltà nel riconoscimento delle stelle.

12. Fatti ravvisare in tal modo i punti principali della magnifica scena che ci circonda, si potrà in appresso sminuzzare a parte a parte le grandi verità di cui fu arricchito l'ingegno umano dall'astronomia; sola delle umane scienze cui dato sia di predire il futuro per qualsivoglia epoca.

CAPITOLO II.

Delle Costellazioni e de' Segni dello Zodiaco.

13. L'origine delle costellazioni è sepolta nelle tenebre del tempo. Si leggono nella Volgata i nomi d'Orione, delle Jadi, delle Plejadi, di Arturo ed altri; ma pende questione tra' dotti sul vero significato de' vocaboli ebrei corrispondenti.

14. Le dodici costellazioni dello zodiaco sono senza dubbio le più antiche. Or chi ne attribuisce l'invenzione agli Egizi, chi a' Caldei, chi agl'Indiani, e chi finalmente ad un altro popolo asiatico anteriore a questi, del qual siasi perduto perfino il nome.

15. Ma prima d'andar più oltre, gioverà meglio che ognuno sappia qual cosa sia lo Zodiaco. Nelle tavole antecedenti, le due curve punteggiate rappresentano l'equatore e l'eclittica. Nella I l'equatore è la curva più lontana dallo zenit o sia dal centro del circolo; nella II il contrario. L'equatore è un circolo, dal qual si concepisce divisa in due parti eguali la superficie della terra, a distanze pari dai due poli. Chi fosse al centro del nostro globo, vedrebbe la circonferenza del detto circolo corrisponder nel cielo stellato a certi punti tutto d'intorno. Per gli stessi punti s'intende passar l'equatore nelle due tavole, ciascuna delle quali contiene la metà di esso, ma non in figura circolare a cagione d'essere trasportato da superficie sferica su carta piana. Lo stesso s'intenda dell'eclittica, la qual pure è un circolo, destinato poi a contrassegnare nel cielo il viaggio che fa la terra girando d'intorno al sole nel periodo di un anno.

16 Se si prendono nove gradi del cielo, tanto da una parte quanto dall'altra dell'eclittica, per quanto si stende la circonferenza di questa, ne nasce una zona o cintura o fascia, la qual fu chiamata *zodiaco.* Perchè ognuno aver possa un'idea della larghezza di questa fascia, basterà dire che delle due stelle della Libra, segnate 3 nella tavola II, quella ch'è più lontana dall'orizzonte, quella è distante otto gradi e mezzo dall'eclittica.

17. La parola *zodiaco* vien dalla voce greca *zodion*, che significa *animale.* Come poi tra i nomi delle costellazioni dello zodiaco vi sono quelli d'alcuni animali, così è chiara la causa per cui quel vocabolo fu adottato.

18. Ognuna delle costellazioni dello zodiaco non resta veramente tutta intiera dentro la larghezza di esso, ma questa fu limitata a 18 gradi, con l'unico oggetto di circoscriver la zona celeste, dentro la quale s'aggirano tutti i pianeti. Le sole comete non soffrono la legge di quel ricinto, ma invadono il cielo in qualunque parte.

19. I nomi delle dodici costellazioni zodiacali, già conosciuti comunemente, sono i seguenti: L'Ariete, il Toro, i Gemelli, il Cancro, il Lione, la Vergine, la Libra, Lo Scorpione, il Sagittario, il Capricorno, l'Aquario, i Pesci. Gli stessi nomi si danno pure a' segni dello zodiaco, che per altro dirrebbersi meglio segni dell' eclittica. Ma ancorchè i nomi sieno gli stessi, bisogna distinguer bene che segno e costellazione sono due cose molto diverse.

20. *Costellazione* è un gruppo di stelle, come s'è dichiarato già (6). Ma *segno* non significa altro che una porzion dell'eclittica lunga trenta gradi. Siccome un circolo si divide in gradi 360, così un segno comprende una duodecima parte dell'eclittica.

21. L'equatore e l'eclittica si tagliano in due punti. Nell'intersecazione che vedesi nella tav. I, appresso al punto cardinale di ponente, comincia il segno dell'ariete e si stende per trenta gradi dell'eclittica a sinistra. Poi segue il segno del toro per trenta gradi, e così discorrendo. Ma le costellazioni dell'ariete, del toro, ecc., sono più avanzate de' segni a sinistra: questi si allontanano del continuo da esse, benchè lentamente, in virtù della precessione degli equinozi, la qual fa retrocedere a destra l'intersecazione dell'equator con l'eclittica, come si darà a capire a tempo opportuno. Quindi è che la testa dell'ariete, segnata 11 nella tav. I, si trova presentemente in faccia alla seconda porzion dell' eclittica, la qual porta il segno del toro. E così può osservarsi rispetto agli altri segni. Però facilmente si scorge quanto importi distinguere costellazione da segno.

22. Dove l'equatore taglia l'eclittica nella tav. II, ivi comincia il segno della libra. Quando la terra girando, come dicemmo, per l'eclittica, arriva in questo punto, allora vediamo il sole, che è nel centro dell'eclittica, corrispondere al punto opposto che è quello dove principia il segno dell'ariete. Allora diciamo che il sole entra in ariete, e quello è il giorno dell' equinozio di primavera. All'incontro,

quando la terra si trova nel principio dell'ariete, si vede il sole nel principio della libra, e quello è il giorno dell'equinozio di autunno. Di là vien che i due punti d'intersecazione dell'equator con l'eclittica si chiamano anche punti equinoziali.

23. Nel giorno conveniente in ogni mese, l'annuo *almanacco astronomico* addita con tutta esattezza l'ora e il minuto dell'ingresso del sole nel rispettivo segno dello zodiaco, o, per meglio dire, dell'eclittica. Qual cosa sia questo ingresso, probabilmente sapeasi da pochi, quantunque soglia notarsi in ogni lunario, salvi gli errori talvolta d'ore o giornate. Or potrà ognuno capire che altro non significa, se non se l'ingresso della terra nel segno opposto, sempre lontano sei segni da quello rimpetto al quale vediamo il sole. E però quando in giugno si legge che il sole entra in cancro, ciò vuol dire che la terra è arrivata al principio del segno del capricorno: e, *vice versa*, quando si dice in dicembre che il sole entra in capricorno, allor deve intendersi che la terra principia a correre la porzion dell'eclittica compresa dal segno del cancro. E senza parlare degli altri, basterà per norma aver favellato di que' segni co' quali principiano le stagioni.

24. Chi mai non crederebbe che quando ai segni dell'eclittica furono imposti i nomi dell'ariete, del toro, ecc., in quel tempo le costellazioni dell'ariete, del toro, ecc., occupassero ciascuna appresso a poco l'estensione del segno del suo medesimo nome? Non vi fu forse mai presunzione più probabile di questa. E pure egli è certo egualmente, che appunto in tal situazione si trovarono due a trecent'anni prima di Gesù Cristo; e che le costellazioni ed i segni dello zodiaco furono conosciuti e chiamati coi medesimi nomi, molti e molti secoli innanzi, e quando le costellazioni esser dovevano indietro dai rispettivi segni anche più di quel che sieno avanzate al presente. Quest'è una difficoltà che scompiglia ed astringe a giocar di fantasia tutti

coloro che si sono attentati d'investigare l'origine e la causa di quelle denominazioni.

25 Noi non entreremo in questo labirinto, che ha esercitato l'ingegno di molti, senza condurre ancora a certezza alcuna. Imperocchè l'uno vuol che que' nomi abbiano relazione ai lavori d'agricoltura e alla varietà delle stagioni; l'altro li fa derivar dall'istoria; chi dalla mitologia; e chi, all'incontro, sostien che la favola non sia altro che un'allegoria perpetua delle cose astronomiche. Altri scorge simboleggiati in que' nomi in tre successivi stati dell'uomo, la vita venatoria, la pastorale e quella dell'agricoltore; e qualcun dubita, finalmente, che quelle stelle che oggi, e da molto tempo, portano il nome d'una costellazione, più anticamente ancora portassero quel di un'altra.

26. Per non lasciare del tutto privi que' nomi d'ogni senso allegorico, noi, tra le molte divinazioni, trasceglieremo quelle che più atte ci sembrano ad appagare il senso comune. Diremo, dunque, che il segno dell'ariete, condottier del minuto bestiame, annunzia lo spuntar dell'erba e l'uscita delle greggie ai pascoli. Vien dopo il toro a significare non meno il vigor degli armenti che quello della vegetazion delle piante. Dai gemelli, ch'ebbero un tempo figura di due capretti, viene indi rappresentata la fecondità dei bestiami e degli alberi fruttiferi. Il cancro, o sia gambero, esprime eccellentemente il rincular che fa il sole dopo esser giunto alla maggior altezza estiva. Dal lione già intende anche il volgo figurata la forza cocente de' raggi solari. La vergine, la qual si dipinge con una spica in mano, sta collocata inframmezzo tra le ricolte maggiori, cioè tra le messi e le vendemmie. Segue la libra, chiarissimo emblema dell'eguaglianza tra i giorni e le notti. Dallo scorpione, come animal velenoso, si vogliono denotare le malattie d'autunno. Il sagittario, dopo finite le operazioni rurali, conduce agli uomini l'occupazion della caccia. Nel capricorno s'intende che il sole, arrivato alla minore altezza vernale, comincia ad

andar sempre in su come fa la capra selvaggia. Chi non dirà che l'aquario sia il simbolo delle pioggc? Finalmente dai pesci sempre indicata la pèsca, come un'occupazione de' popoli agricoli nella fredda stagione.

27. Non tralasceremo d'avvertire, per non essere arguiti di contraddizione, che i moti attribuiti al sole in questa esplicazione de' segni, debbono intendersi secondo il giudizio de' sensi nostri e il linguaggio comune, non mai secondo il sistema copernicano, il qual fa dipender quelle apparenze dal moto della terra.

28. Quanto all'altre costellazioni che sono fuori dello zodiaco, trovasi già la situazione ed il nome di alcune nelle due tavole e nella loro spiegazione. Delle rimanenti, che non poteano aver luogo nelle tavole stesse, e di cui per conseguenza non si può con chiarezza contrassegnare la posizione, stimiamo per ora inutile il dar la lista de' nomi.

CAPITOLO III.

Della Figura della Terra.

29. Giusta cosa è, che dovendo trattare della figura, grandezza, movimenti e distanze de' corpi celesti, si prenda principio dal nostro. E chi non avrebbe a vergogna di non conoscer la casa dove abita? Or sappian coloro, che della utilità dell'astronomia son dubbiosi, che senza l'osservazione degli astri non è possibile sapere con precisione nè la grandezza nè la figura della terra, nè le distanze de' paesi un dall' altro, e nè meno in qual punto della superficie terrestre tenghiamo il piede.

30. Circa la figura della terra, non mi dà il cuor di rimemorare le tante assurde e puerili opinioni che dentro l'umana mente trovaron ricetto girando i secoli. L'idea più comune fu quella che i sensi presenta la prima; i sensi, il più caro ed insieme

il più periglioso attributo di nostra natura. Fu stimata la terra una superficie piatta; e poichè da ogni parte, alla fine andando, s'incontravano i mari, fu creduto che fosse circonvallata da un abisso d'acque, nelle quali si tuffasse la sera il sole e donde si traesse fuori il mattino. E come sull'apparir di quest' astro vedeasi per tutto l'alto de' cieli infievolirsi e mancare la luce delle stelle, fu immaginato ch'elle fossero lampade, le quali venissero accese la sera e provviste d'olio bastante per lucciar sino a mane. Di tal sorta d' inezie spacciaronsi seriamente, e massime da que' Greci la cui dottrina si venera tanto.

31. Diverse sono le prove che resero alfin manifesto esser la terra di forma rotonda. E prima, se fosse piana, per quanto viaggio un facesse, sempre avrebbe negli occhi lo stesso orizzonte, lo stesso emisfero o volta celeste. Ma avviene all' incontro che, mutando paese, si scorgono, stando in uno, stelle che non si scorgon dall'altro. Dunque quel- l'emisferio, o sia pezzo di cielo, che ci viene veduto in un paese, non è quel medesimo sempre che in altro paese si osserva. Dunque, se camminando si muta cielo, la terra non è piana.

32. Alla cognizione della sua forma un secondo passo fu fatto considerando gli eclissi della luna. Generalmente parlando, ogni corpo produce l' ombra simile a sè. Da un corpo quadrato non sarà mai generata ombra rotonda, nè da rotondo quadrata. Or la terra illuminata dal sole getta un'ombra dietro di sè; e questa si stende a una gran lontananza, siccome porta il volume grande di quella. La luna col suo natural movimento va ad incontrar la dett'ombra, e nel trapassarla che fa da una parte all'altra, si trova infrattanto nell'oscurità: ecco l'eclissi. Mentre però che la luna sta entrando così a poco a poco in quell'ombra, ognun può vedere che l'ombra stessa sopra la faccia della luna termina in arco e non in linea retta. V' entri la luna dall' alto o di fianco o dal basso dell'ombra, da ogni parte fu questa sempre veduta

tendente al rotondo. Dunque se l'ombra è di forma rotonda anche il corpo che la genera, o sia la terra, di simigliante forma debb' essere.

33. L'anologia fu una terza ragione che venne in conferma delle altre. Veggendo il sole rotondo, la luna rotonda, e che questi corpi si sosteneano da sè nello spazio, si dovette conchiuder per simiglianza, anche la terra pòter esser rotonda senza aver bisogno d'esser portata, come credono gl'Indiani, da quattro elefanti.

34. Quando poi la navigazione cominciò a prender vigore e i naviganti ad allontanarsi dalle spiagge, venne osservato a chi stava sopra la riva, come il vascello che si scostava, facea sembiante di profondarsi a poco a poco nel mare, e come le ultime a togliersi dalla vista erano le vele, poi le cime degli alberi. Se la terra fosse piana ed il mare per conseguenza tutto disteso a un livello, certo vedrebbesi molto più il grosso corpo della nave quando scorger si possono le sottili antenne. Ma si pigli altra barca e si seguiti il bastimento così alla lontana: e mirando le stesse apparenze di posto in posto, sarà forza conchiudere: Dunque il mare continuamente s'incurva; dunque gira in rotondo. Tale in fatti e talmente continua è la sua curvatura, che in qualunque sua parte il nostr'occhio si ponga, elevato di cinque piedi dalla superficie delle acque, determina il calcolo, l'esperimento convince che tanto e non più della superficie medesima veder può quanto si stende tutto d'intorno fino a due miglia e mezzo da sè.

35. Finalmente la rotondità della terra divenne patente allorquando, dopo la scoperta dell'America, osò il Magellano, altri osarono dopo di lui, far il giro compiuto del nostro globo; e codesti naviganti che avevano continuamente drizzata la loro navigazione verso ponente, veduti furono alfin capitare di nuovo dalla parte di levante. A quella guisa che se uno esca fuori della porta d'una città e vada via via radendo le mura

di quella, fin a tanto che torni ad entrar per la porta stessa onde uscì, niuno potria dubitare che egli non avesse fatto il giro di tutto il circuito della città.

36. Altra difficoltà non restava perchè ogni uomo credesse la terra di forma rotonda, se non quella del concepire come potessero fare gli abitanti dell'emisfero inferiore per camminarvi sopra a quel modo che noi facciamo, quando, per rispetto a noi, aver deggiono i piedi in su e il capo in giù. Se sul cerchio di ferro che arma e circonda la ruota di una carrozza si vegga una mosca camminar tutto intorno, ognun pensa, ognuno discorre così: Quando la mosca percorre la parte superire del cerchio, il suo corpo gravita e poggia sopra le zampe; ma quando muove per la parto inferiore, il peso del corpo farebbe certo cader la mosca, se alla leggerezza di quello non s'aggiungesse la forza di questa per aggrapparsi co' suoi uncinati rampini e tenerlo sospeso. Non altrimenti camminano gli uomini tutto intorno alla terra di quel che faccia una mosca tutto intorno a una ruota; ma, a differenza della mosca, non hanno mestieri d'uncini per rattenersi alla terra onde non cader nello spazio. E chi non vorrà venir meco investigando qual sia il portentoso ritegno che da tanto precipitamento li salva?

37. Ogni materia di che è composto il terrestre globo ha in sè una tentenza a star tra sè unita. Non è particella sì minima che questa legge non senta. Onde nasca e come operi, tutto in vero è un arcano. Ma è fuor di dubbio che esite; anzi niente ha la fisica di più certo. Nè è poi maraviglia, se quelle cose che sono d'una stessa natura, si cerchino a vicenda ed anco d'accoppiarsi.

38. E vaglia il vero, per qual ragione dee dirsi che avvenga che se una spugna s'immerga non tutta nell'acqua, questa ascenda bel bello a impregnare le parti della spugna che son fuor dell'acqua? Si può egli dire altra cosa se non che la spugna attrae l'acqua, e l'acqua cerca la spugna?

39. Così a chi ben guarda in bicchiere non tutto pieno, la superficie dell' acqua fa come scodella, depressa un tantino nel mezzo e rialzata più che si appressa al bicchiere, quasi che l'acqua con le pareti di quello si attraggono e si cerchino mutuamente. All' incontro s'empia il bicchiere quanto capir vi può, e si vedrà la superficie dell'acqua pigliar contraria forma, colmeggiando nel mezzo e soprastando per tutto visibilmente agli orli della tazza, così trattenuta dal traboccar tutto intorno non da altro per certo che dalla attrazione reciproca delle propie molecole. Così da una sola virtù effetti contrarj si spiegano. Che se fosse proprio dell' acqua acconciarsi in concavo od in convesso, sempre in una maniera si adagerebbe.

40. Ed a quale altra cagione attribuir si vorrà quel comporsi che fa pur l'acqua in globetti emisferici, quando venga spruzzata sopra una tavola? Il che maggiormente appare nel mercurio versato. Che se l' attrazione reciproca delle particelle non le tenesse così sospese in globetti, sì il mercurio che l' acqua dovrebber del tutto appianarsi e distendersi in sottilissimo strato.

41. È poi facile ad ogni persona osservare, bevendo il caffè, quelle bianche bollicelle che spesso vi soprannuotano. Pongasi mente come il lor moto si accelera visibilmente, allorchè son vicine una all' altra o alle pareti della tazza. Sembrano quasi precipitarsi all' accopplamento, nè può, chi vi bada, chiuder l'adito all' idea della loro attrazione reciproca.

42. Ma una sperienza recente del sig. *Morveau* di Digione merita d'essere addotta, perchè decisiva. A un de' bracci d'una bilancia appese egli orizzontalmente una lastra di cristallo rotonda, di due pollici e mezzo di diametro, e mise nel guscio opposto i pesi occorrenti a produr l' equilibrio. Indi prese un vasetto pien di mercurio e lo appressò per di sotto fino a toccare appena il cristallo. Allora trovò

) colmeggiando

ch'era d'uopo aggiunger dall' altra parte ben 9 grossi, 18 grani, per rompere l'equilibrio e vincere l' adesione risultante dal contatto.

43. A che stiamo però da minute e parziali esperienze accattando prove di ciò che per tutto risplende a manifesti segni sì in cielo che in terra? La materia di che son composti il sole e la luna, non che i pianeti e le stelle, si distacca ella forse e disperde, precipitando a nostro modo di dire all' ingiù. Non altrimenti ogni parte del nostro globo si tiene unita alla massa. Ed in questa tendenza reciproca all'unione tutto consiste il misterio della gravità; poichè non d'altro è bisogno che di quella propensione perchè il sasso slanciato in alto ritorni al suolo. Ma ogni corpo è grave: dunque ogni corpo tende ad unirsi alla massa ed è dalla massa attirato. Dunque attrazione e gravità non sono altro che due nomi diversi d' una sola virtù: virtù veramente degna di chi l' ha impressa nella materia; poichè quasi sola basta a produrre tutti i fenomeni principali della natura. Che se i corpi son duri o molli, o liquidi o elastici, che altro è tutto ciò se non che modificazion della gravità? Da essa vedremo a suo luogo che nascono essenzialmente tutti i moti degli astri, non che l'equilibrio d'ogni corpo celeste e di tutti insieme. Qui sta in fatti la magnifica impronta del divino consiglio e possanza: in pochissime cause prime fondar la facoltà generatrice di tutte le maraviglie dell'universo. Ma ritorniamo a batter direttamente lo scopo nostro.

44. Ogni corpo, il qual cada liberamente, viene per via diritta e per la più corta a ferire il suolo. Questo si chiama cadere a piombo, vale a dire secondo la direzione che ha un filo, il qual sostenga in aria un piombo, quale usanlo i muratori. La direzion di quel filo dicesi perpendicolare alla superficie terrestre. Cadono dunque i corpi per linea perpendicolare alla medesima superficie. Ma così, così appunto esige la legge dell' attrazione d'una

massa sferica. Ingegnamoci d'appianare, se fia possibile, l'intelligenza di questa vitale proposizione.

45. Ognuno conosce una ruota da carrozza. Le razze, volgarmente raggi, sono visibilmente perpendicolari al cerchio della ruota. La prova è questa; che quando la parte di cerchio dov'è conficcato un de' raggi, tocca il suolo, allora quel raggio sta nella direzione che abbiamo detta del perpendicolo. Or se col medesimo colpo con cui si fendesse per mezzo un de' raggi in tutta la sua lunghezza, si spaccasse altresì la ruota in due parti, ognun vede che queste sarebbero uguali. Il potere attrattivo d'ognuna sarà dunque uguale, poichè ugual quantità di materia è in ciascuna. Se si finga per tanto ricongiunta la ruota, ogni corpo fuori di quella, il qual fosse situato nella direzione della sua fenditura, sarà attirato necessariamente secondo la direzione medesima: poichè l'attrazione da parte sinistra essendo uguale all'attrazione da parte destra, il loro conato sarà equipollente, onde il corpo attirato non potrà piegarsi più all'una che all'altra. Sia dunque il corpo situato fuor della ruota, nella direzione di qualunque de' raggi o degl'interstizj fra quelli, sempre potrà concepirsi spaccata la ruota in due parti eguali secondo una funicella o una linea che vada dal corpo al centro della ruota: secondo questa linea opererà dunque sempre l'attrazione del corpo alla ruota, e questa direzione, per le cose dimostrate, sarà sempre perdendicolare alla superficie del cerchio della ruota. Ma una palla si può contemplare come formata da molte ruote che s'incrocicchiano insieme. Però trasportando alla palla il discorso fatto sopra la ruota, sarà forza conchiudere: Che ogni massa rotonda dee tirare a sè gli altri corpi per linea perpendicolare alla sua superficie, come assunto avevam di provare.

46. Lungi pertanto che la figura sferica della terra renda difficile da intendere come facciano gli uomini a camminarvi su tutt'intorno; sarebbe anzi da dire,

che non potrebbero starvi diritti se la terra fosse piatta. Imperocchè si supponga che questa pagina, per quanto è compresa dalle 35 linee stampate, rappresenti la superficie terrestre tutta a un livello. Egli è chiaro che un corpo, il qual cada da un punto corrispondente a perpendicolo sopra la quarta linea, non già sopra quella, ma sulla quinta o sulla sesta verrà a piombare, poichè l'attrazione della materia, contenuta sotto le 26 linee inferiori, lo chiama verso la parte inferiore con molto maggior forza di quella che possa avere la massa rappresentata dalle 3 linee superiori, per attirarlo verso di sè. I corpi cadrebbero dunque per linea inclinata alla superficie; obbliqua sarebbe la direzione della gravità, e noi cammineremmo così di sgembo, siccome stanno gli appoggiatoj delle scale.

47. Quella sola virtù, onde la materia si cerca e si attrae reciprocamente, basta poi a provare che tutta la massa terrestre doveva comporsi in globo; poichè questa è la figura in cui meglio che in qualunque altra poteva ogni particella collocarsi nella maggior vicinanza possibile a tutte le altre. Vero è che a pigliar tal collocamento, caso che non l'avesse dal bel principio, sembra che la materia solida esser dovesse impedita dalla sua natural coesione. Ma poichè dalla Genesi si deduce che il caos primitivo fosse tutto inondato e coperto d'acque, nulla osta a supporre che quell'ammasso confuso di materia informe fosse in allora assai molle, e poi siasi indurito col tempo, e per la continua pressione del proprio peso.

48. La rotondità della terra si può dunque contemplare come un effetto necessario dell'equilibrio che prender dovevano le sue parti. Se ogni parte tende alla massa, e se la direzione di queste tendenze è per tutto, qual trovasi in fatto, perpendicolare alla superficie terrestre, ne viene che tutte dirigonsi verso il centro, come si vede nelle razze che prolungate s'incontrerebbero tutte nel punto di

mezzo della ruota. Il centro della terra è dunque il punto verso il qual la materia terrestre gravita e tende da ogni parte. Se queste tendenze non fossero in direzione contraria una all'altra, come appunto le razze d'una ruota, non potrebbero equilibrarsi, ma la terra dovrebbe cader nello spazio verso quella parte alla quale fosse maggior la tendenza del suo peso. Si conchiuda pertanto che senza la forma sferica non vi può esser tendenza ad un centro comune di gravità; e che senza una tale tendenza non vi può essere equilibrio, nè si può intender più come facciano il sole, la luna e gli altri corpi celesti a star sospesi nel cielo senza alcun sostegno.

49. Del resto, guardando gli astri, così isolati come sono, e col cielo che li circonda da ogni parte e non finisce in alcuna, chi può dire qual porzione di loro sia di sopra e qual di sotto, dove l'alto e dove il basso? Queste sono espressioni del tutto improprie e relative soltanto alla particolar situazione del riguardante. Noi camminiamo colla testa in giù rispettivamente ai nostri Antipodi, cioè agli abitanti di quella parte del globo, la quale è di sotto rispetto a noi. Ma la verità è che nè sul cielo nè sulla terra non v'è alto nè basso assoluto, ma solamente relativo al centro d'ogni corpo celeste: per il che in qualsivoglia situazione d'intorno al globo terrestre si deve dire ugualmente che i piedi degli uomini sono inferiori alla testa; poichè la parte superiore è da per tutto quella che dal centro della terra sta più lontana.

50. Assai credo provato abbiamo che la terra è di forma rotonda. Ma perchè veramente non è ella a puntino sferica, resta ora da investigar più minutamente la sua precisa figura. Il primo mezzo impiegato per iscoprirla consiste in misure prese alla superficie. Per ben capir come possano queste condurre all'intento, gioverà nuovamente ricorrere alla ruota d'una carrozza. Dodici essendo ordinariamente le razze, suppongo che sieno poste con diligenza a

distanze uguali l'una dall'altra. Suppongo ancora che questi raggi finiscano in punta acuta e sieno un pochetto più lunghi del solito, tanto che giungano a trapassar la grossezza del cerchio di ferro. Non è egli vero che questo cerchio sarà diviso da quelle punte in dodici archi o porzioni uguali, cosicchè le distanze da una punta all'altra successivamente, misurate sul detto cerchio, saranno fra loro uguali? Se dunque si prenda l'esatta dimensione d'una sola di queste distanze, non è egli evidente che quella misura, moltiplicata per 12, manifesterà, la lunghezza del cerchio intiero, senza bisogno di misurarlo tutto? Che se in vece di 12 raggi, la ruota fosse cotanto grande da poterne portare comodamente 360, similmente avverrebbe che misurando una sola distanza tra le punte dei due raggi contigui, e moltiplicandola per 360, si avrebbe da questo compunto la misura della lunghezza del cerchio intiero. Questo appunto è ciò che fu fatto sopra la terra.

31. Nel seguente capitolo si vedrà come per osservazione di stelle si posson trovar sulla terra esattissimamente due punti che sieno distanti un dall'altro d'una porzione trecensessantesima della circonferenza terrestre, la qual porzione si appella *grado*, perchè ogni cerchio dai geometri si divide in 360 gradi. Misurata pertanto in pertiche, con ogni immaginabile accuratezza, la lunghezza di un grado, in diverse e remote regioni, si trovò che non era per tutto uguale, qual pur esser dovrebbe se fosse la terra perfettamente rotonda. Il grado misurato nel Perù, appresso alla linea equinoziale, risultò notabilmente minore del grado misurato in Lapponia verso al polo; e la misura d'altri gradi intermedi pur confermò che la lunghezza del grado via via diventava maggiore, partendo dall'equatore ed andando ai poli. Apparve da ciò manifestamente che la terra era schiacciata ai poli, a guisa d'una cipolla, la qual sia per altro poco men che rotonda. Imperciocchè un arco di ruota piccola è più convesso e

più curvo d'un arco eguale di ruota più grande. L'arco meno convesso appartiene dunque alla circonferenza più grande. Ma nella circonferenza più grande ogni grado è più lungo, poichè i gradi sono sempre 360. Verso i poli ove il grado trovossi più lungo, là dunque la terra sarà men convessa, che è quanto dir più schiacciata. Dunque, col decrescer de' gradi la superficie terrestre si rileva e s' allontana dal centro, secondo che si discosta dai poli e si accosta all' equatore.

52. Ma un' altra esimia prova dello schiacciamento del nostro globo scaturì nel passato secolo. Un orologio da pendolo, portato dalle nostre zone temperate alla torrida, fu trovato fare nell' intervallo d'un giorno nell' isola di Cayenna 148 oscillazioni di meno di quel che facesse prima in Parigi. Il pendolo semplice non è altro che un peso attaccato all'estremità d'una verga. Per intenderlo meglio, rappresentiamoci un filo appiccato ad un chiodo e portante un peso nell'altro capo. Il peso in virtù della sua gravità tiene il filo a piombo. Se il peso si percuota ancorchè leggermente, la gravità il fa cadere nel suo primo sito: se non che il moto acquistato in questa caduta lo sforza a risalire dall' altra parte; dalla qual similmente cadendo torna a montar dalla prima: ognuna di queste cadute si chiama una vibrazione od oscillazione. La resistenza dell'aria che il peso fende andando e venendo, abbrevia a poco a poco le vibrazioni, fin a tanto che il peso torna a fermarsi nel perpendicolo. Così farebbe anche il pendolo, se i pesi dell'orologio non gli restituissero di continuo quella forza che gli vien tolta dall'ostacolo dell' ambiente e con ciò mantenessero sempre vive ed eguali le sue vibrazioni. S' intenda pertanto l'oscillazione d'un pendolo non esser altro che la caduta d'un corpo a cagion della gravità. Se questa caduta, per una causa qualunque, divenga più lenta, l'oscillazione dura più tempo, ed il numero delle oscillazioni, in un giorno od altro intervallo, si fa minore.

Or così s'è osservato, e si osserva costantemente, che adoperando quel medesimo pendolo d'una data lunghezza e dandogli il moto stesso, si fanno a Cayenna nello spazio d'un ora sei oscillazioni di meno di quel che a Parigi.

53. Questo fenomeno non si potrebbe attribuire fuorchè a tre cause. O il maggior caldo in Cayenna slunga la verga del pendolo; o la resistenza dell'aria vi è maggior che a Parigi; o il medesimo pendolo, finalmente (parrà pur questa la strana cosa a parecchi lettori), pesa meno in Cayenna di quel che pesi in Parigi.

54. La prima causa non è sufficiente. Certo è verissimo che quant'è più lungo il pendolo tanto è più lenta l'oscillazione; a segno che un pendolo lungo un piede fa due oscillazioni, intanto che un altro, lungo quattro piedi, ne fa una sola. Ma la differenza del calore, da Cayenna a Parigi, misurata col termometro non può allungare, per esperienze fatte, la verga del pendolo se non d'una quinta parte di quell'allungamento che l'esperienza ha pur fatto veder necessario per fare sei vibrazioni di meno in un'ora.

55. La seconda causa non è nè sufficiente nè ammissibile. A produr quello scemamento di vibrazioni bisognerebbe che la densità dell'aria in Cayenna fosse maggiore di quella di Parigi, in grado tale che la salute degli uomini e la respirazione dovrebbero risentirsene. Egli è molto da dubitare, dice *Bailly*, che in un'atmosfera di tal densità potessero gli uomini vivere. Ella poi non può ammettersi assolutamente; imperciocchè l'orologio non essendo costrutto per vincere quella resistenza, il pendolo perderebbe a poco a poco il suo moto e si fermerebbe, se pure non si aumentassero i pesi dell'orologio. Ma non si accrebbero i pesi, ed il pendolo non si fermò. Dunque della densità dell'aria non è da parlare.

56. Egli è forza pertanto gittarsi alla terza causa, e conoscere e confessare, piaccia o non piaccia, che

un medesimo corpo pesa più in un paese che in un altro. Dal tempo delle cadute del pendolo trasportato in diverse regioni, o vero dalla diversa quantità delle sue oscillazioni, è manifestamente apparito a moltiplici prove, che l'azion della gravità si sminuisce secondo che dal polo si va verso l'equatore. Quando parleremo della rotazione della terra si vedrà che questo fenomeno che ora ci fa strabiliare, è un effetto naturalissimo. Lasciando la causa per ora, contentiamoci de' fatti, e discorriamo così: Se la materia terrestre intorno alla linea equinoziale pesa meno della materia d'intorno ai poli, certo bisogna, perchè vi sia l'equilibrio, il qual già vedemmo quanto sia indispensabile, bisogna, dico, che alle parti dell'equatore la quantità della materia sia maggiore che non è ai poli; poichè in tal modo l'eccesso nella quantità supplirà alla mancanza nel peso. Bisogna dunque che dal centro della terra alla superficie sia maggior la distanza nelle parti dell'equatore che in quelle dei poli; poichè in maggior tratto sarà contenuta maggior quantità di materia. È dunque provato anche dall'esperienze del pendolo, combinate con l'equilibrio richiesto dalle leggi più generali e più certe dell'idrostatica, che la terra debbe essere, ed è in fatti, rilevata all'equatore e compressa ai poli.

57. Dalla congerie de' ragionamenti che abbiamo tentato di svolgere, oramai può conchiudersi francamente, che la figura della terra, simile a quella d'una cipolla poco men che rotonda, è ridotta a una verità matematica. Vedremo nel capitolo seguente la real sua grandezza e le positive sue dimensioni.

CAPITOLO IV.

Delle Dimensioni della Terra.

58. S'è già mostrato (50) che per saper quanto lunga sia la circonferenza della terra, non è necessario prenderne la misura tutto all'intorno, ma ba-

sta pigliarla d'una piccola parte, purchè si sappia la relazione che passa tra questa porzione e l'ambito intiero. Se si misuri, per esempio, la lunghezza in pertiche d'una trecensessantesima parte del circuito terrestre, ognun vede che moltiplicando poi quella quantità di pertiche per 360, si saprà quante pertiche lunga sia la circonferenza tutta.

59. La difficoltà consiste in trovar due punti sulla superficie del globo, de' quali affermar si possa che sieno realmente distanti un dall' altro d' una trecensessantesima parte, nè più nè meno della circonferenza terrestre. Ciò in fatti sarebbe impossibile senza l' ajuto delle stelle. Come, dunque, pervengasi dagli astronomi a determinar que' due punti, or m'accingo a svelare.

60. Se due strade s'incontrino in guisa che non facciano per diritto una strada sola, si dice da' geometri che quelle due strade nell' incontrarsi fanno angolo. Parimente fa angolo il muro di facciata d'una casa con quello di fianco; lo spigolo che li termina è l'angolo dei due muri. Se si apre un ventaglio, i suoi stecchi fanno angolo l'un con l'altro. *Angolo* in somma è l'inclinazione scambievole di due linee che si toccano. Secondo che sono più o meno inclinate una all'altra, la grandezza dell'angolo è minore o maggiore. Se si aprono quattro stecchi soli d'un ventaglio, l'angolo di quell'apertura è la metà dell'altro che nasce dall' aprirne otto. La grandezza d'un angolo si può dunque misurare dalla quantità degli stecchi aperti, applicandogli un istrumento il quale abbia similitudine al ventaglio. E quanto più gli stecchi, o ciò che li rappresenta, saranno sottili, tanto più si otterrà per minuto la misura degli angoli.

61. Or qui è da notare una distinzione che importa molto: ed è che la lunghezza degli stecchi non ci entra per niente nella grandezza dell'angolo. Dall' essere lunghi o corti, l'angolo non si muta, siccome quel che consiste soltanto nel loro numero, o

sia nella quantità dell'inclinazione reciproca dei due estremi che sono i lati che comprendono l'angolo. Se pertanto una ruota da carrozza si faccia tanto grande da poter contenere comodamente 360 raggi, adattati a distanze eguali un dall'altro, facciam di considerare quel punto ove tutti s'incontrerebbero nel centro della ruota, ed avremo 360 aperture o sia angoli tutti eguali. Ma anche il cerchio della ruota riman diviso dalle punte de' raggi in 360 porzioni od archetti uguali (50). Dunque potranno esser misurati gli angoli dagli archetti opposti: e poichè (51) il circolo si divide in 360 gradi, perciò ciascuna delle accennate 360 porzioni sarà un archetto di un grado, e l'angolo opposto sarà parimente di un grado. Ma se prima avvertito abbiamo che la grandezza dell'angolo è sempre costante, qualunque sia la lunghezza de' raggi, or fa d'uopo riflettere che il contrario succede riguardo agli archi, la cui grandezza si fa vie maggiore quanto è più grande il circolo. L'arco di un grado può dunque avere infinite grandezze diverse, se si guarda la sua lunghezza *effettiva* o *assoluta;* mentre poi la grandezza sua *relativa* a quella del cerchio rimane perpetuamente la stessa, essendo egli sempre una porzione trecensessantesima della circonferenza.

62. Queste cose premesse, sia ora una ruota da 360 raggi, situata in maniera che, mettendo l'occhio nel centro, e mirando lungo uno dei raggi, si appunti nel cielo una stella, e lungo il raggio contiguo un'altra; non è egli vero che quelle due stelle potranno dirsi distanti un grado l'una dall'altra? Imperocchè quei due raggi, prolungati quanto bisogna, andrebbero ad investirle, nè quel prolungamento induce alterazione veruna nella grandezza dell'angolo da essi contenuto. Si può dunque col mezzo di stromenti astronomici esquisiti, rappresentanti un cerchio o una data porzione di cerchio, rinvenire due stelle che sieno a puntino nella distanza angolare di un grado l'una dall'altra.

63. Per trovar poi sulla terra due punti che sieno distanti un grado tra loro, basta concepire due linee che stendansi dal centro di essa fino a quelle due stelle: i punti ove dette linee trapasserebbero la superficie terrestre, saranno evidentemente i due punti cercati. Imperocchè l'arco della terra da essi compreso, sarebbe opposto ad un angolo di un grado, formato nel centro dalle due linee, e determinato di tal quantità dalla distanza angolare già nota delle due stelle. Or eccomi a dichiarare delle varie maniere una, per rinvenire praticamente i soprannominati due punti.

64. S'è veduto (44, 48), come lasciando pendere un peso appiccato ad un filo, la direzion di quel filo va drittamente al centro della terra. Trasportisi dunque un astronomo fino in parte dove una delle anzidette stelle s'incontri ad essere giustamente sopra il suo capo, cioè nella direzione di quel filo all'insù; e vada un di lui compagno a cercar l'altro punto della terra, dove anche l'altra stella si trovi al medesimo istante in egual direzione del perpendicolo. Que' due punti della superficie terrestre saranno senza dubbio lontani un grado l'uno dall'altro, posciachè per que' punti passano le linee mentali che dal centro del globo vanno a colpir le due stelle. Cotesta linea mentale è determinata dal filo che si dirige alla stella all'insù ed al centro della terra all'ingiù. Niente v'ha poi di più facile nè di più sicuro in astronomia, come il trovare cogli istromenti se una stella sia veramente allo *zenit*, che è quel punto del cielo a cui tende il filo già detto.

65. Del resto, non è poi necessario che la stella sia precisamente allo *zenit*, quando l'astromo ha i mezzi di misurare in frazioni minutissime del grado, quanto ne sia lontana. Nè tampoco è necessario l'adoperare due stelle, come abbiam cominciato a supporre per più facile intelligenza, ma una sola è bastante; mentre, qualora la sua distanza dallo *zenit*

di un luogo della terra superi d'un grado la sua distanza dallo *zenit* d'un altro luogo, osservata contemporaneamente, sarà altrettanto che que' due luoghi sono lontani un grado tra loro. Finalmente non è necessario nè pure che l'eccesso dell'una sull'altra distanza dallo *zenit* sia di un grado precisamente, quando gli strumenti son già capaci di denotare le più minute suddivisioni.

66. Misurano dunque gli astromi con l'aiuto delle stelle, quanti gradi, quanti minuti e quanti secondi della circonferenza terrestre sieno distanti un dall'altro due luoghi, donde abbiano fatto le osservazioni (il grado si divide in 60 minuti, il minuto in 60 secondi). La perfezione degli strumenti è omai tale che quando fallassero di due secondi in cotal determinazione, questo sarebbe il massimo errore che possan commettere. Or due secondi della circonferenza terrestre abbracciano un tratto che non arriva a 32 tese, o sia pertiche parigine, da sei piedi l'una; errore insensibile per rispetto alla lunghezza di un grado, la qual va alle 60 miglia.

67. Resta pertanto da misurare a pertiche la lontananza effettiva, tra gli accennati due luoghi, a fin di conchiuder, col mezzo della regola aurea, quante pertiche lungo sia un grado della circonferenza terrestre. Se la superficie della terra fosse perfettamente liscia ed eguale; senza valli, montagne, boschi, fiumi, ed altri impedimenti, si potrebbe misurar colla pertica alla mano l'accennata distanza da un capo all'altro. Ma tanti sono gli ostacoli che s'incontrano, che non v'ha forse alcuna parte del globo dove tal misura sia praticabile per tratto intiero d'un grado. Sono dunque obbligati gli astronomi di ricorrere ad altri spedienti.

68. Ne' contorni del luogo, dove ha principio la linea che debbono misurare, eleggono la regione più sgombra; e misurano con la pertica una distanza di sei miglia per lo meno, per quel verso che il possono meglio. Questa misura si prende con tante

diligenze, che non si penserebber nè pure dal comune degli uomini. E prima la lunghezza delle pertiche è ridotta ad una esatezza, si potrebbe dir, matematica; poi nell'adoperarle si sta del continuo col termometro alla mano, per tener conto d'ogni minimo allungamento che ad esse intervenga per causa del caldo, od accorciamento a motivo del freddo, nelle ore diverse della giornata: inoltre non si usano mai, senza che ad ogni posata il livello testifichi se la pertica sia perfettamente orizzontale. Che se il cammino non è sempre piano, si fa scrupoloso registro d'ogn'inegualità; e computando le correzioni adeguate, si riducono le misure a un livello solo: nè queste sono ancora tutte le cure che mettonsi; e per virtù delle quali ordinariamente succede che in un tratto di sei miglia, misurato due volte per maggior sicurezza, non s'incontri il divario nè pur d'un piede dall'una all'altra misura.

69. Una distanza così misurata si chiama la *base*: nè senza buona ragione, poichè su quella veramente si fonda quasi che tutta la sicurtà delle susseguenti operazioni. Misurata la base, si piantano gl'istrumenti nell'una e nell'altra delle sue estremità, per collimare ad un campanile, una torre o segnale qualsivoglia, il qual sia fuori della base in sito appropriato all'intento. Si misura cogl'istrumenti di quanti gradi, minuti e secondi sia ciascuno degli angoli che fa la base con le linee visuali che vanno al campanile dall'uno e dall'altro dei termini della base. Conosciuta così la grandezza di questi due angoli, tal cognizione congiunta con quella della lunghezza della base, bastano ad inferire per via di computo quanta sia la lontananza del campanile, così dall'uno come dall'altro dei punti estremi della base. Le regole di questi computi per sè stesse sono infallibili: se poi si fossero commessi errori nel misurar la base o gli angoli, in tal caso, adoperando nel calcolo dati erronei, certo le due distante che se ne traggono, hanno a patirne in proporzione. Nella pre-

sente finezza degl' instrumenti si può misurar la base e gli angoli con tal precisione, che niuno degl' intervalli, trovati col computo, porti l' errore nè pur di due piedi.

70. Fatta quest' operazione, si elegge e considera come base una delle distanze, determinate come sopra col calcolo, e su quella misurando gli angoli per rispetto ad un altro campanile, si rinvengon le lontananze del medesimo dalle due estremità della seconda base. Ed in questa maniera procedendo, si stabiliscono le posizioni o sia gl' interstizi tra i paesi tutti d' una provincia, d' un regno, ecc., senza bisogno di misurar colla pertica altro che una distanza sola, qual si è la prima base; e questo è un de' modi più esatti per fare una carta topografica. Ma, tenendoci al nostro scopo, diremo, come con le dichiarate operazioni di base in base si va a terminar nelle vicinanze della seconda estremità della linea principale, che vuol misurarsi; e si determina lo spazio che disgiunge la detta estremità da una delle ultime stazioni, siccome della prima estremità si deve già avere determinato il dilungamento da una delle prime stazioni. In questa maniera si perviene per cammino tortuoso, cioè per diverse linee, tutte di lunghezza conosciuta, dall' uno all' altro capo della linea principale: ed è poi facile, sapendo la lunghezza e la posizione delle accennate linee ausiliarie, dedurne col calcolo la lunghezza esatissima di quella per diritto che si cerca. Per accertarsi d' avere operato bene, si misura colla pertica una delle ultime distanze, determinate, come s' è detto, col calcolo, e si riconosce se la misura si accordi col computo. Gli accademici francesi nel Perù non trovarono in simil prova altro divario che di due piedi, dopo la catena di 27 basi, che servirono a determinare una lontananza di 180 miglia.

71. Con questi mezzi, accompagnati da incredibili cure e fatiche, molestie delle stagioni, impedimenti di transito, sono state prese oramai più e più mi-

sure di gradi. L'operazione al Perù non costò meno di otto anni di tempo al *Condamine* ed a' suoi compagni, e ne risultò: la lunghezza del grado nelle parti dell' equatore e della linea equinoziale esser di tese 56753. All' incontro in Lapponia, nella maggior vicinanza al polo ove siasi potuto da *Maupertuis* ed altri accademici parigini eseguire sui ghiacci e le nevi una tanta impresa, il grado trovossi di tese 57422. La differenza da quello a questo è di tese 669. Egli è assolutamente impossibile che tanta disparità provenga da errori scorsi in quelle operazioni. Le cure scrupolosissime esercitate da uomini dottissimi, l'eccellenza e grandezza degl' instrumenti, il riscontro della misura effettiva sopra una delle ultime basi, tutto concorre ad escluder ogni sospetto di tanto abbaglio.

72. Convien però confessare una causa esservi d' errore, la qual può restare occulta. Per misurare col quadrante, o porzione di quadrante, la distanza d'una stella dallo *zenit*, si fa uso d' un sottilissimo filo, il qual porta un peso, e che, applicato all'istromento, fa conoscer la linea del perpendicolo. Questo filo denota infallibilmente la direzione o la linea che va allo *zenit*, purchè libero sia da qualunque impulso che declinar lo facesse. Ma se sorgano da una banda montagne vicine, e se dall'altra vi fossero inoltre vaste cavità sotterranee, in questi casi l' attrazione della materia terrestre, di cui ragionammo nel Capitolo antecedente, sarebbe maggiore dalla parte delle montagne, minor dalla parte opposta; ed il peso sostenuto dal filo, ed il filo stesso, sarebbero più attirati verso di quella che verso di questa; onde il filo perderebbe quella giusta situazione del perpendicolo, dalla quale dipende la bontà dell' osservazione che l' astronomo fa. Allora esso filo denoterebbe nel cielo un falso punto per *zenit*, e la distanza del detto punto dal vero *zenit* sarebbe l' errore che l' astronomo commetterebbe senza saperlo.

73. Sono state fatte diverse sperienze per disco-

prire gli effetti dell' attrazione delle montagne sul mentovato filo: e chi trovò un' aberrazione di 6 secondi, e chi di 7 in circostanze trascelte dov' esser doveva la più gagliarda. Ma 6 a 7 secondi di deviazione del filo non producono altro errore che d' un centinaio di tese. Egli è molto improbabile che l'errore sia stato ogni volta così grande, in ciascuna delle quattro stazioni ove furon fatte le osservazioni celesti, cioè due nel Perù e due in Lapponia; improbabile inoltre la cospirazion degli errori ad accumularsi tutti quattro per un verso, in vece di compensarsi un con l' altro, o in tutto o in parte; ma volendo anche ammettere tutte le combinazioni più sfortunate e più inverisimili, la somma andrebbe finalmente a 200 tese per parte, ed in tutto a 400. Resta ancora tra i due gradi, di cui si tratta, una differenza di 269 tese, la quale eccede notabilmente ogni altro errore escogitabile. Egli è dunque fuor d' ogni dubbio che la lunghezza del grado è maggiore in Lapponia o sia verso al polo, di quello che all' equatore.

74. Ma questa conclusione riceve l' ultima forza dalle misure prese di più e più gradi intermedi, ciascun de' quali, niuno eccettuato, fu trovato maggiore di quello del Perù, e minore di quello di Lapponia. Egli è vero che queste misure non crescono tutte a scala, secondo che sono più lontane dall' equatore e più vicine al polo. Vi si meschia pur troppo qualche irregolarità, cioè il grado più lontano dall' equatore non è sempre maggiore del più vicino. Ma poichè queste irregolarità, riferite, come vedrassi, ad un modulo comune, non arrivano mai a 200 pertiche, perciò possono sempre imputarsi alla causa accennata delle attrazioni ineguali sul filo. E così resta inconcussa la verità capitale stabilita dai gradi estremi, e da cui si deduce invincibilmente, come s' è dimostrato nel Capitolo scorso, che la terra è schiacciata ai poli e rilevata all' equatore.

75. Tocca ora alle misure de' gradi il condurci a

conoscere le dimensioni del globo. Ma perchè le variazioni de' gradi in lunghezza non procedono con perfetta regolarità, così non da uno nè da due, ma da molti o da tutti i gradi misurati fa d'uopo dedurre una quantità di mezzo per ogni dimensione che si cerca. Vogliono le regole della probabilità, che in tal modo gli errori occulti delle diverse misure si ricompensino tra loro almeno in gran parte, e piccola rimanga l'incertezza. Ma per poter chiamare a stretto confronto le varie misure dei gradi, è indispensabile in prima ridurle tutte ad un modulo comune: per esempio, inferire da ogni grado misurato, quanta esser debba in proporzione la lunghezza del grado nella latitudine di mezzo tra il polo e l'equatore, che è quella dei gradi 45, ed è appresso a poco la latitudine delle regioni in cui scriviamo. A sì fatta illazione egli è poi di necessità il presupporre che la terra abbia una figura regolare; e però fa mestieri indagar primamente qual esser possa questa figura.

76. Abbiamo veduto (52), siccome il pendolo fa in egual tratto di tempo più vibrazioni ne' paesi lontani dall'equatore, che nei vicini. Abbiamo veduto (56) che questo fenomeno prova lo schiacciamento del globo, e per conseguento minor la distanza dal centro al polo, che non dal centro all'equatore. Or dobbiamo annunziar di più, che la varia quantità delle oscillazioni, osservata a diverse latitudini, mantiene una regolarità che può quasi dirsi perfetta, e la gradazione delle variazioni è tale, come se la figura della terra fosse ovale o sia quella d'un elisse. Se tal figura non è sicurissima, è però indubitato, da tutti gli argomenti fin qui tentati, che altro non può essere se non se molto prossimamente elittica. Sulla base pertanto della figura predetta è da cercare in primo luogo, qual sia la differenza che passa tra i due assi della terra, ossia tra le loro metà, vale a dire tra il raggio polare ed il raggio equatoriale (*raggi* si chiamano le distanze dal centro alla superficie).

77. Il pendolo che batte i secondi all'equatore e al livello del mare, è lungo secondo le accuratissime esperienze di *Bouguer*, piedi tre parigini, sette linee. e sette centesime di linea. Per *pendolo che batte i secondi* s'intende quello che fa sessanta oscillazioni in un minuto, 3600 in un'ora, e 86400 in un giorno di 24 ore. Le lunghezze del pendolo, ridotto a battere i secondi in diversi luoghi più e più lontano dall'equatore, si trovarono crescere per una scala, da cui si deduce che la lunghezza al polo, se andar vi si potesse, eccederebbe di due linee, trentotto centesime quella osservata all'equatore. Così risulta dalla diligentissima discussione del *Lalande* (*Mém. de Paris*, 1785, pag. 1). Una tal differenza è la centottantacinquesima parte della lunghezza totale del pendolo. E poichè l'allungamento del pendolo è proporzione all'aumentazion della gravità; mentre in tanto fa d'uopo allungare il pendolo in quanto, pesando di più, fa le vibrazioni più rapide di quel ch'esser devono per battere i secondi; però si conchiude, che un corpo, il qual pesi 185 libbre all'equatore, portato al polo ne peserebbe 186, e così in proporzione ne' luoghi intermedi, o in pesi maggiori. Per esempio in Modena il pendolo debb'esser lungo tre piedi, otto linee, ventiquattro centesime di linea, e il corpo, pesante all'equatore 185 libbre, peserebbe in Modena mezza libbra di più.

78. *Clairaut* (*Figure de la Terre*, pag. 143, 249) insegna una regola mediante la quale, essendo nota la differenza della gravità, si viene in cognizione della differenza de' raggi. Posta la prima, come dicemmo, di un centottantacinquesimo, risulta la seconda di un trecentoquattresimo. Laonde se la distanza dal centro alla superficie terrestre fosse, a cagion d'esempio, di 304 miglia all'equatore, quella al polo sarebbe di miglia 303.

79. *Boscovich* (*Voyage Astronomique*, pag. 501) ha fatto uso d'un metodo sagacissimo per indagar la differenza degli assi, comparando insieme le mi-

sure de' gradi. Ei la trova d'un trecentundecimo, da undici misure di gradi, e di un dugentonovantasettesimo, restringendo il suo calcolo a sei gradi soli, le cui misure meglio s'accordano tra di loro.

80. Quindi si vede che le misure del pendolo non discordan gran fatto da quelle dei gradi nel definir quanta sia l'ellitticità della terra, cioè la differenza dal diametro maggiore al minore. Adottandola in numero rotondo di un trecentesimo, come vi si determina anche il *Lalande* (*loco citato*), ho dedotto da ognuno dei dieci gradi più accreditati, de' quali egli li riferisce le misure (*Astronomie*, art, 2691), quanto debba esser lungo il grado di mezzo tra il polo e l'equatore, cioè nella latitudine ai gradi 45; che è ciò che mi sono proposto di sopra. Le quantità che ho trovato sono le seguenti, espresse in pertiche parigine: i numeri dopo la virgola sono centesime della tesa.

Dal grado del Perù	57037, 47
Da quello del Capo di B. Speranza	57150, 48
Dal grado d' Italia	56098, 91
Da quello di Pensilvania	56945, 29
Da quel della Francia meridionale	57028, 00
Da quel di Piemonte	57071, 64
Da quello d' Ungheria	56871, 57
Da quello d' Austria	57049, 00
Da quel della Francia settentrionale	57025, 43
Da quello di Lapponia	57227, 20

81. Queste quantità esser dovrebbero tutte eguali, se la terra è veramente ellittica, se la ellitticità è una trecentesima parte della lunghezza del raggio, e se le operazioni delle misure sono esenti d'errore. Le due prime ipotesi o sono verissime, o grandemente prossime al vero, siccome abbiamo mostrato di sopra; ma i soli errori che nelle misure può aver prodotto l'occulta deviazione del filo degl' istromenti, sono bastanti a portar la colpa di tutte le ineguaglianze che osservansi nelle precedenti quantità.

82. Convien bensì riflettere, che quando si tratta

di moltiplici misure, è assai probabile che gli errori non sieno sempre accaduti pel medesimo verso; laonde, prendendo tra tutte la quantità mezzana, è giusto il credere che gli errori si ricompensino l'un per l'altro almeno in gran parte, ed il risultamento medio che emerge sia molto prossimo all'esatta verità. In tal modo operando, cioè fatta la somma delle dieci quantità soprannotate, e presa la decima parte di questa somma, riesce la lunghezza del grado di tese 57040, 50. L'esatezza di questa quantità, ricavata per un mezzo da dieci misure di gradi, è dieci volte più probabile, cioè più sicura che non d'ognuna di dette misure considerata di per sè. Come poi l'ultima è quella che più si scosta dall'enunciata quantità media, superandola di tese 186, 70, per conseguente la decima parte di questa differenza, cioè tese 18 2/3, è il massimo errore che possa temersi nella suddetta determinazione del grado di mezzo tra l'equatore ed il polo.

83. In una sferoide ellittica, qual si stima comunemente che sia la terra appresso a poco il grado anzidetto (80) tiene appunto in lunghezza il mezzo aritmetico risultante dalla somma di tutti. Adunque moltiplicandolo per 360, si ottiene esattamente il circuito intiero della ellissi. E però la circonferenza terrestre, che passa pei poli, viene ad esser lunga venti milioni e mezzo di tese, o con più sottigliezza 20 534 580.

84. Dicevano i Caldei, che un uomo camminando di buon passo, giorno e notte senza fermarsi mai, farebbe il giro della terra in un anno. Di fatto, secondo il numero precedente, gli bisognerebbe fare 2344 tese per ora, le quali sono qualcosa meno di due miglia e mezzo. L'asserzione però non esce fuor del possibile (posta da banda la stanchezza del camminante); ma i termini del possibile essendo assai vaghi in sì fatta proposizione, non resta per essa che i Caldei non fossero molto lontani, come è provato d'altronde, dal ben conoscere la vera tirata del circuito del globo.

85. I geografi italiani hanno assegnato 60 miglia di lunghezza al grado della circonferenza terrestre, la qual viene ed esser per conseguenza di 21600 miglia. Ora eccoci al momento di poter definire la dimensione di queste miglia. Dividendo per 60 il grado medio, che s'è trovato esser lungo tese 57040, 50, appare il miglio geografico esser composto di tese 950 2/3, che fanno piedi parigini 5704.

86. Essendo data la dimensione di un grado, e la relazione tra gli assi, tanto basta a dedurre per computo, fatta la supposizion della terra ellitica, di qual lunghezza esser debba ogni altro grado in diversa latitudine. Posta dunque d'un trecentesimo la differenza dei diametri polare ed equatoriale, e la quantità di tese 57040, 50 per la tirata del grado ai 45 di latitudine, se ne conchiude che il grado al polo è di tese 57527 1/3, e quello all' equatore di tese 56756, il qual di tre pertiche sole è diverso dalla misura degli astronomi francesi al Perù; misura che merita singolar fede tra tutte, per esser cavata da una estension di tre gradi, donde scemano di due terzi gli errori possibili. La differenza tra gli enunciati due gradi estremi è di pertiche 571 1/3, che viene a star la centesima parte del grado.

87. Data in una ellisse la lunghezza di due gradi se ne trae quella degli assi. Ho travato esser miglia 6887 il diametro maggiore, 6864 il minore. E però il raggio equatoriale (76) va a miglia 3443 1/2: ed il polare a 3432. La differenza è miglia 11 1/2, metà gonfiamento all' equatore, metà schiacciamento al polo.

88. Il raggio mezzano, cioè la distanza dal centro a qualunque punto della superficie ugualmente lontano dal polo e dall' equatore, risulta di miglia 3437 1/3. Questo è il modulo che serve di scala per misurar le distanze de' corpi celesti; le quali, essendo d'assai maggiori, l'errore che fosse in quello si moltiplica in queste proporzionalmente. Adunque è di sommo rilievo il sapere quanto error vi possa essere.

89 Il massimo errore nel grado mezzano (82) monta a tese 18 2/3. Ora il raggio è 57 volte più lungo di un grado; ed abbiamo dedotto il raggio di gradi (87) Dunque il massimo errore sul raggio sarà 57 volte maggiore, cioè precisamente di tese 1070, o sia di miglia 1 1/8, che sarebbe la tremillesima cinquantesima quinta parte del raggio. Errore tenuissimo in vero, se fosse anche tanto; ma come la probabilità non è mai per il massimo error possibile, bensì piuttosto per una quantità media, così ragion vuole che il vero errore non superi la metà dell' addotto. Si può dunque affermare che la lunghezza del raggio terrestre è conosciuta sì bene, da non temer di fallar nè pur d' un miglio.

90. Conoscendo i due diametri d' un' ellisse, la geometria insegna a computare la superficie ed il volume del corpo ellittico. Fatti i calcoli, trovo, che la superficie del globo terrestre contiene 148 1/2 milioni di miglia quadrate; e che immaginandoci un dado, i cui lati sien lunghi 100 miglia ciascuno, con la materia del globo terrestre se ne farebbero di questi dadi 170469.

91. L' immaginazione rimane confusa da tali numeri e da sì fatte grandezze. Ma qual sarà poi la nostra maraviglia, e la grandiosa idea che dovrem concepire dell' universo e del suo potentissimo Facitore, quando, andremo in progresso scoprendo che la nostra terra, paragonata ad altri corpi celesti, è come un insetto al confronto degli elefanti e delle balene?

CAPITOLO V.

Dell' Atmosfera terrestre, e dell' Etere.

92. Questo globo che abitiamo sta involto in un fluido trasparente, che d' ogni parte gli ondeggia intorno, e che *Aria* si chiama, le cui particelle sono tanto sottili, e talmente incapaci di salda coesione,

che è lecito separarle dovunque, fendendo l'aria per ogni verso, come ne fanno continua prova gli uccelli e gli animali terrestri; ed in ciò consiste primariamente il caratttere della fluidità.

93. Benchè invisibile di per sè l'aria agli occhi nostri, pur della sua presenza non è forse uom sì stupido il qual ne dubiti. Ognun sente d'averne bisogno per respirare e per vivere siccome a' pesci è vitale necessità star nell' acqua. Ma allora sopra tutto niuno avrebbe animo di negare l'esistenza dell'aria, quando, agitata, piglia nome di vento, e ne siamo urtati con impeto, il qual giunge a tale di schiantar alberi, e dar altre prove di smisurata forza.

94. Vediamo i vapori ch' esalano del continuo da tutti i corpi terrestri, alzarsi nell' aria, e restarvi sospesi in forma di nuvole. Senza entrare nelle sottili scoperte de' moderni chimici, nè circa la composizione dell' aria, la qual da immemorabili tempi riputata era elemento semplice; nè sulla virtù che sia in essa di sciogliere l' acqua e assorbirla, crescendo insieme in volume più che in massa, onde nasca l' alzamento dei vapori, a noi basta dalla sospension delle nuvole ricavare la general conchiusione che l' aria è pesante. Siccome osservando che l' olio sta sopra il vino, ognuno deduce esser quello più leggiero di questo, così per la stessa ragione, genericamente presa, dee dirsi, quell' aria che è sotto alle nuvole e le sostiene, esser più pesante di esse, e quella che resta al di sopra, più lieve.

95. Della qual differenza di gravità non sarà difficile ravvisar la cagione. L' aria inferiore sopporta il peso della superiore: sarà dunque da tal compressione vie più condensata e ristretta, quanto è più vicina alla terra, cioè quanto è maggiore l' altezza, e per conseguenza il peso dell' aria soprastante. Ora il peso di un corpo, dentro una data estensione, non cresce per altro se non per l' aumento della sua densità, cioè perchè sotto egual volume contiene maggior quantità di materia. Così

cresce di peso una tabacchiera, quanto sia più compresso , vale a dir condensato, il tabacco di cui è piena.

96. Abbiam dimostrato (43) che attrazione e gravità sono una cosa medesima. (Noi confondiamo attrazione, gravità e peso, perchè di niuna importanza allo scopo nostro le distinzioni che i dotti vi fanno). Pesa dunque l'aria sopra la terra per virtù d' attrazion vicendevole. Ma essendo la più lontana, come vedemmo, sempre meno pesante, ragion vorrà che , ove il peso divenga insensibile, là finisca nell' aria l'imperio o la giurisdizione della terra. Dicasi pertanto *atmosfera terrestre* la massa d' aria che obbedisce all' attrazione del nostro globo , gravitandogli sopra.

97. Cercano gli astronomi, 1.° quanta sia l'altezza dell' atmosfera terrestre, mentre da quella dipende la durata de' crepuscoli, e l' ingrandimento dell' ombra della terra negli eclissi lunari ; 2.° qual sia la differenza di densità dal primo all' ultimo strato rifrattivo dell' aria atmosferica, poichè da tal differenza nasce principalmente la refrazion della luce ; 3.° se al di là dopo l' atmosfera il cielo sia voto del tutto, o pure occupato da qualche fluido , il qual con la sua resistenza possa alterare la velocità del moto dei pianeti. Ecco in questi tre punti il soggetto del presente e dei due capitoli successivi.

98. Malgrado la vista delle nubi sospese, che parlano agli occhi d' ogni uomo, dubitarono lungamente i filosofi stessi se l' aria fosse realmente pesante. È gloria degl' Italiani l' aver dimostrato l' affermativa , ma è poco onor dell' umano ingegno che questa scoperta non conti ancora due secoli. Cominciò il Galileo con alcune sperienze ; vi recò poi l' evidenza il suo discepolo Torricelli con l' invenzion del barometro. Avanti descriver questo istromento, posseduto oggidì da molti , ma da pochissimi inteso fuori de' fisici, sarà più sicuro a buon conto il mettere innanzi un esperimento ch' è in man di tutti, per con-

vincersi visualmente che l' aria è pesante. Piglisi una vescica delle più grandi; pesandola sgonfia su dilicata bilancia, poi ripesandola gonfiata, si troverà una differenza nel peso. Questa sperienza, capace d' illuminare ogni donnicciuola, è citata a chiare note d' Aristotile (lib. 4, *De Coelo*, cap. 4); pur il grande Aristotile, coi sapienti che vennero dopo di lui fin all' epoca sopraccennata, seguitarono a delirare attribuendo all' *orror del vacuo* (intenda chi può questi enigmi) tutti i fenomeni del peso dell'aria: tanta è la forza delle opinioni preconcepite !

99. Il barometro, nella sua primitiva semplicità, non è altro che un tubo o cannello di vetro, lungo tre piedi circa, chiuso da un capo, empíto di mercurio, poi tuffato con l' altra estremità, turata col dito, in altro argento vivo stante in un catino. Allor, se tenendo il tubo ritto, ritirasi il dito, ne nasce che poco mercurio scende nel vaso, e la massima parte rimansi nel tubo, cioè fino all' altezza di due piedi e un terzo circa. Or come può stare tal sospensione, quando ognun sa che ogni liquido cerca sempre il livello ? Secondo questa natural legge dovrebbe l' argento vivo del tubo precipitar fino a tanto che la sua sommità stesse a un livello con la superficie del mercurio esteriore. Se così non avviene, ci ha dunque una forza che preme l' argento vivo del vaso, e fa contrappeso alla colonna rimanente nel tubo. Non si può dubitare che cotal forza sia altra che quella dell' aria, la qual gravita sull' argento vivo del catino, e non può gravitar sopra quello del tubo per esserne chiusa, come dicemmo, l' estremità superiore; perciocchè se si schiuda questa apertura, tanto che l' aria vi possa entrare, tosto si vede il mercurio del cannello piombar nel vaso, e far tutto un livello come s' è detto.

100. Il peso del mercurio è quattordici volte maggiore di quello dell' acqua piovana; di maniera che se in due tubi d' egual diametro, comunicanti fra loro nel fondo, si versa mercurio nell' uno ed acqua

nell' altro, appare che una colonna d' argento vivo, alta due piedi e un terzo fa equilibrio con una colonna d' acqua, alta piedi trentatrè. Poichè dunque il peso ordinario dell' aria si equilibra con quello d' una colonna d' argento vivo, alta due piedi e un terzo; ne viene che il peso dell' atmosfera, su qualsivoglia porzione di superficie del globo terrestre, la qual sia presso a pocó a livello del mare, è tanto quanto sarebbe se in vece d' esser compressa dall' aria quella porzione fosse inondata e coperta d'acqua fino all' altezza di piedi trentatrè.

101. Ho detto *il peso ordinario dell' aria*, giacch' esso non è costante, ma varia d' un decimo circa dal massimo al minimo, secondo che l' aria è più o meno pregna d' esalazioni e vapori terrestri, e secondo vi agiscono i venti, l' elettricità, il caldo e il freddo, ed altre cause che qui non è il luogo di sminuzzare. L' altezza del mercurio nel barometro variando per conseguenza di tre pollici circa dalla massima alla minima, tra questi estremi fu presa da gran numero d' osservazioni una quantità media, che, stando a livello de' nostri mari in tempo di calma, si trovò esser di pollici 28, linee 2 2/4 (il piede parigino essendo composto di 12 pollici, il pollice di 12 linee). S' instituiscono poi le esperienze a livello del mare, per avere un' altezza che si stima presso a poco uniforme, per quanto si stendono almeno i mari comunicanti, alla quale rapportare tutte le altre posizioni inegualissime del suolo terrestre, essendo che il peso dell' aria diviene, come vedremo, sempre minore nei siti che sono più elevati.

102. Questo peso dell' aria, per tanti secoli occulto egli è pur quello che ha fatto sempre correre i liquori fuor pe' sifoni, e a scender l' acque su per le trombe aspiranti. Senza la pressione dell' aria, sul petto delle madri vano sarebbe il succhiar de' lattanti. Per virtù di cotesta pressione s' alza la carne e spiccia il sangue sotto le ventose; monta il fumo

del tabacco su pel cannello della pipa, e nascon mill' altri fenomeni, della cui vera causa l' occhio volgare nè men sospetta.

103. A quanti parrà incredibile, per esempio, che l' uomo, il qual dubita se l' aria sia pesante, sostenga ordinariamente da quella, nella totalità del suo corpo, una pressione equivalente a trentaduemila libbre di peso! E pure il computo è piano, ammettendo che sia di quattordici piedi quadrati, secondo la più comune sentenza de' fisici, l' estension della pelle d' un uomo di statura mezzana. Essendo certissimo che la pressione de' fluidi si esercita con egual forza per tutti i versi, così di fianco come d' alto in basso, ecc., ne viene che la pressione dell' aria sul corpo umano equivale al peso d' una colonna d' acqua alta piedi 33, e la cui base sia di piedi 14. Egli è poi noto che un piede cubico d' acqua piovana pesa libbre parigine 70 1/8.

104. Ma queste non sono cose del nostro scopo. A noi era mestieri il provare che l' aria è pesante, e che anzi non manca una misura accurata del peso suo: or da questo c' ingegneremo d' investigare quanta sia l' elevatezza dell' atmosfera.

105. A ciò fare, dopo aver misurata l' altezza d'un campanile, osserviamo di quanto scemi quella del mercurio nel barometro trasportando questo istromento dal piede alla cima. In fatti se il peso dell' atmosfera sopra l' argento vivo ch' è nell' ampolla, è quello che tien sostenuto l' argento vivo nel tubo, quel peso d' ebb' essere tanto minore quanto più in alto si reca il barometro, perciocchè l' aria che resta di sotto, non gravita più sul mercurio contenuto nell' ampolla.

106. A forza di queste prove s' è ritrovato che la colonna mercuriale si abbassa una linea, portando l' istromento a 75 piedi d' altezza dal livello del mare. Se ad ogni 75 piedi d' ascendimento progressivo, seguitasse l' argento vivo sempre, ugualmente a calare una linea, l' innalzamento dell' atmosfera

sarebbe prestissimo computato. Imperciocchè l' altezza media del mercurio a livello del mare essendo, come dicemmo, di pollici 28, linee 2 circa, cioè di linee 338; moltiplicando 338 per 75, risulterebbe 25350 piedi per altezza totale dell' atmosfera, che però non sarebbe nè men quattro miglia e mezzo.

107. Ma l' atmosfera s' innalza per certo molto di più, altrimenti non sarebbe percossa dai raggi del sole tanto tempo prima che ci nasca, quando apparisce l' aurora, la qual non è altro che luce di quell' astro riflettuta dall' aria. Senza che è manifesto dover essere lontanissimo dalla verità quel calcolo dei 75 piedi d' ascendimento per ogni linea di successivo abbassamento del mercurio, essendo che l'aria quant' è più in alto tant' è più lieve, per la cagione accennata da principio d' avere sempre manco aria che le gravita sopra. Se dunque, stando a livello del mare, uno strato o colonna d' aria d' altezza di piedi 75, pesa quanto una linea di mercurio, le altezze degli strati superiori di peso uguale saranno via via maggiori, siccome composti d' aria sempre più lieve; a quel modo che se in un tubo diritto si versi una libbra di vino, indi una libbra d' olio, la porzione del tubo occupata dall' olio sarà maggiore e più lunga di quella occupata dal vino.

108. Ragion vuole pertanto che la grossezza degli strati equiponderanti vada crescendo con quella proporzione con cui va scemando la compressione dell' aria che resta di sopra, in guisa che se il barometro si trasporti sur una montagna, tanto elevata, dove il mercurio non s' alzi se non 14 pollici ed una linea, cioè la metà del suo alzamento a livello del mare, colà non più 75 piedi come laggiù, ma il doppio, cioè 150 convenga salire perchè il mercurio si abbassi d' una l' inea. Il peso dell' atmosfera è colà scemato della metà; l' aria di quella regione debb' esser, dunque, metà men condensata, e sia dilatata al doppio che non è sulla riva del mare. Cotesta relazione tra il peso dell' aria e la densità od

il volume di quelllo strato che lo sopporta, nel linguaggio dei dotti s'esprime così: *La densità dell'aria è proporzionale al peso che la comprime:* all'incontro, *il volume dell'aria sta nell'inversa ragione del peso medesimo,* vale a dire che il volume cresce a misura che il peso cala. La verità di questi teoremi è evidente, dentro però certi limiti. Egli è chiaro, per esempio, che quando la compressione avesse forzato le particelle dell'aria ad avvinchiarsi talmente da non lasciare interstizi, niun incremento di peso varrebbe più ad aumentar la condensazione. Vi dee dunque esser un grado di densità dove incominci il condensamento a farsi minore di quel che importa il teorema. Lo stesso si dica dell'altro estremo della dilatabilità, se anche in quello le forze dell'aria fossero circoscritte, siccome lo debbon essere senza dubbio dalla parte della condensazione. Ma parlando dello stato dell'aria nella nostra atmosfera, perfino alle altezze ove son potuti giungere gli umani esperimenti, si può stabilire per fermo ed indubitato che l'aria è tanto più densa, quant'è più compressa, tanto men densa, quant'è men compressa: l'aria si rarefà, si dilata, ed occupa spazio tanto maggiore quant'è minore il peso che la comprime.

109. Cotal facoltà di restringersi o dilatarsi, secondo la compressione maggiore o minore, sarà da noi nominata indifferentemente *forza elastica.* Per averne un'idea ben chiara, si consideri una spugna, la qual tra le mani compressa si stringe a volume grandemente minore, indi al riaprir delle mani rigonfiasi come prima. Tal virtù ravvisiamo chiaramente nell'aria per mille guise: per esempio, col premere una vescica ben gonfia, la qual pur cede e si schiaccia alquanto, poi, cessando la compressione, ripiglia la pristina forma e volume; il che non succederebbe, se l'aria pel calcamento in vece di condensarsi fosse fuggita in parte per qualche spiraglio, come alcuno per avventura potrebbe sospettare.

110. Quanta sia nell'aria la forza dell'elasticità,

cioè fino a qual segno possa l'aria restringersi o dilatarsi, non è definibile. Pretende *Hales* d'averla ridotta 1800 volte più densa di quella che respiriamo. L'acqua che pesa all'incirca 800 volte più dell'aria nostrale, nè soffre quasi condensamento veruno, diventa un fluido leggiere al confronto dell'aria Halesiana. Ma sia qualsivoglia l'ultimo grado della condensazione dell'aria, a noi cale soltanto l'investigar della sua dilatabilità, poichè da essa dipende l'innalzamento dell'atmosfera.

111. Abbiamo alle mani una misura infallibile e perfettissima di questa forza; avvegnachè ella mai sempre debbe adeguarsi a puntino al peso comprimente; altrimenti le cose rimaner non potrebbero come sono. Di fatto egli è chiaro che dove il peso dell'aria superiore fosse maggior della ripulsione dell'inferiore, dovrebbe questa cedere ancora, e condensarsi vie più: dove il peso fosse minore, prevarrebbe per conseguenza la ripulsione, e l'aria compressa si dilaterebbe. Così una molla non mai s'incurverà, se la forza premente non superi la sua resistenza; nè dal suo piegamento verso alla pristina forza si volgerà, se non quanto la forza premente divenga minor della resistenza. Laonde qualsisia grado di compressione durar non può senza un perfetto equilibrio tra il peso e la ripulsione.

112. Tanta è dunque l'elasticità quanto è il peso ch'ella porta. Ma il peso dell'aria è misurato dal barometro. Dunque il barometro misura la forza elastica dell'aria. Egli è certo che il peso va sempre decrescendo quanto più si va in su, poichè tanto manco aria riman di sopra. Decrescerebbe senza dubbio all'infinito, quando l'aria avesse virtù d'espandersi all'infinito. Ma essendo impossibile concepire che una massa finita occupi spazio infinito, a noi basterà intanto ragionar su quel grado di elasticità che nell'aria, *Boyle* ed altri, hanno con esperienze riconosciuto; dalle quali sappiamo ch'ella è capace di tanta dilatazione, da occupar per lo meno 14000 volte più spazio di quella che respiriamo.

113. Queste cose premesse consideri ora il lettore l'altezza dell'atmosfera, come composta di 338 strati d'aria sopraposti uno all'altro, e tutti di peso uguale tra loro. Ognuno di questi strati peserà, come fosse d'argento vivo alto una linea; giacchè s'è veduto che il peso totale dell'atmosfera s'equilibra con 338 linee di mercurio. Ma ogni strato quant'è più sublime, tanto occuperà, per le cose dette, spazio maggiore, e si stenderà in altezza vie più. Conosciuta di piedi 75 l'altezza del primo strato, quella d'ogni altro, pei teoremi già dimostrati, debb'esser tanto maggiore, quanto è minore l'altezza del mercurio nel barometro. Col mezzo della regola del tre inversa, è facile dunque computare l'altezza d'ogni strato. Quindi la somma di tutte sarà l'altezza totale che cercasi dell'atmosfera.

114. Solo è da avvertire, chi s'avvisasse talvolta d'eseguir questo computo, che senza introdurvi la debita considerazione alla pression delle parti superiori sulle inferiori d'un medesimo strato si cade in errori notabili; a' quali un rimedio aritmetico sufficiente trovo esser quello, d'aggiunger la metà d'ogni strato al numero degli strati superiori. Per esempio, il primo strato ne ha 337 sopra di sè, si considereranno come 337 1/2; e così degli altri. La regola del tre inversa s'istituirà come segue. Ad avere l'altezza del secondo strato, il qual ne ha 336 sopra di sè, si dirà: se il peso di strati 337 1/2 riduce a piedi 75 l'altezza del primo strato, il peso di strati 336 1/2 a quanti piedi ridurrà l'altezza del secondo? Si moltiplicherà 337 1/2 per 75, e il prodotto 25312 1/2 si dividerà per 336 1/2; si avrà l'altezza cercata. Si osservi che il prodotto 25312 1/2 serve anche ai computi successivi. Dividendolo per 335 1/2, si ha l'altezza del terzo strato; per 334 1/2 quella del quarto, e così discorrendo.

115. L'espediente da noi suggerito conduce il computo a tanta esattezza, da non fallare di 150 pertiche in tutto. Non ci sarebbe però motivo di ricorrere ai mezzi più astrusi, coi quali si ottien dalle mate-

matiche l'ultima precisione, se questi non fossero ancora infinitamente più presti. Servitomi d'essi per sol guadagno di tempo, ho trovato esser quasi di 26 miglia l'altezza di 537 degli accennati strati, omettendo l'ultimo superiore; a valutare il quale, per intero, ogni regola è vana, sinchè non si sappia a qual grado possa arrivare la dilatabilità dell'aria.

116. Si può bensì andare avanti e considerare, per esempio, quell'ultimo strato come composto di cinquanta strati di peso uguale tra loro, ciascun de' quali farebbe equilibrio con un cinquantesimo di linea di mercurio. Di questi cinquanta strati sol che si ometta l'ultimo superiore, le regole usate di sopra vagliono parimente a computare l'altezza degli altri 49, la qual si trova che eccede le 17 miglia. Nè possiam dubitare, dopo le sperienze già addotte, che l'aria ricusi questa dilatazione, giacchè il più sublime, o sia il quarantesimonono degli strati suddetti, essendo altro di per sè solo 17500 piedi, tale espansione non giunge ad esser nè meno 12000 volte maggiore di quella del primo strato a livello del mare, corrispondente ad un cinquantesimo di linea di mercurio; il qual primo strato non si alza che un piede e mezzo. È dunque di miglia 43 l'altezza totale dell'atmosfera, fino a quel segno ove il peso dell'aria superiore si può considerare insensibile, cioè dove quel peso non avrebbe vigore di sostenere il mercurio nel barometro, altro che un cinquantesimo di linea, alzamento dagli occhi nostri non ben percettibile.

117. Dubitarono alcuni che nelle parti sublimi dell'atmosfera le espansioni dell'aria sieno maggiori di quel che comporta la legge della dilatazione in ragione inversa del peso comprimente. Nacquero questi dubbi da osservazioni barometriche fatte sugli alti monti, nè si mancò d'inventare diverse cause sottili, onde il fatto dovesse esser così. Ma il *De Luc*, che ha trattato queste materie profondamente, ha poi fatto vedere che ogni divario si debbe attribuire

all'imperfezione degl' istromenti e delle osservazioni; e che, usando quelle cautele ch' egli prescrive ed ha praticate, ben si trova che il fatto è conforme alle leggi dettate dalla ragione. A lui devesi insieme l' insigne gloria d'avere co' suoi precetti ridotto il barometro ad essere un eccellente misuratore dell' altezza delle montagne; utilità che non sarà già sfuggita a' nostri lettori, allorchè abbiamo mostrato come il barometro dice le altezze cui è sollevato. Il maggior monte che si conosca è il Chimborazzo, un di quei delle Cordigliere del Perù, la cui cima inaccessa, se non che a nevi e ghiacci perpetui, s' erge dal mare 3220 tese, o sia miglia 3 2/3, come per geometriche operazioni s'è ritrovato. Ma la massima altezza, cui uom sia salito finora, e il barometro insieme, non passa 2470 tese, val a dire miglia 2 3/5, e fu sul Corazzon, altro monte di quella catena, dove poco mancò che il coraggioso *Condamine* non restasse di gelo.

118. Determinata l' altezza dell' atmosfera, accenneremo soltanto il parer degli astronomi ch' essa sia configurata a sferoide, in simiglianza del globo terrestre (51), onde s'innalzi un poco più sopra l' equatore, e s' abbassi d'altrettanto sopra i poli. Di questo ci riserbiamo spiegare la natural cagione, allorchè parleremo della rotazion della terra.

119. Abbiamo veduto che a 43 miglia d'elevazione dalla superficie terrestre, l'aria si rende talmente sottile ed espansa, che il peso suo diventa insensibile. S' ella è dotata d' elasticità sufficiente, seguiterà ad allargarsi tanto, finchè giunga a toccare e mettersi in aquilibrio cogli estremi confini delle atmosfere degli altri corpi celesti circonvicini; e così tutti i cieli saranno occupati. In tal caso, per avere un' idea della prodigiosa rarefazione dell'aria, basti sapere che un pollice cubico d'essa, cioè quanta starebbe in un guscio di noce delle più grandi, postala solamente a 3500 miglia di distanza dalla superficie terrestre, ed ivi posta in libertà, basterebbe ad in-

gombrare, secondo il calcolo di *Newton*, tutte le regioni de' pianeti fin al di là di Saturno, cioè otto a novecento milioni di miglia per ogni verso. Se poi l'aria non ha facoltà di espandersi tanto fino a raggiugner le altre atmosfere, in tal caso, fra queste e la nostra, i cieli o saranno assolutamente vacui o saranno occupati, a cagion d'esempio, dalla materia della luce o da altro fluido di tanta levità, da poter sostener l'equilibrio con la nostr'aria ridotta allo stato d'elastica inanizione. Sia qualsivoglia cotesto fluido infinitamente sottile, che per antichissima credenza riempie l'immensità de' cieli, e cui si dà il nome di *etere*, importa conoscere s'egli vaglia a resistere minimamente al moto de' pianeti.

120. Quand'ei fosse soltanto a quel grado di rarefazione, al qual l'aria nostra debb'essere alla distanza di 170 miglia dalla terra, computò il *Newton*, che alle forze di esso non basterebbe mill'anni per far che Giove alterasse d'un mezzo minuto secondo ad ogni dodici anni, il suo giro d'intorno al sole. Di fatto, dal confronto delle moderne con le più antiche osservazioni, non è ancor apparito alcun segno d'alterazione nelle orbite planetarie per cagion dell'ambiente. Si può dunque affermar francamente che la rarità dell'etere, s'egli esiste, passa ogni nostra immaginazione; e che i cieli, con buona pace del Cartesio, si debbono riputar come vacui; altrimenti, per menoma che fosse la resistenza al transito dei pianeti, alla lunga ne nascerebbe che cascherebbero tutti nel sole, giacchè, a misura che il loro moto per diritto si rallentasse, prevarrebbe la forza dell'attrazion di quell'astro; forza innegabile, come a suo tempo vedremo, senza cui non si dà in natura moto orbicolare. E noi rallegriamoci in prima, poichè per egual ragione la luna sarebbe ormai piombata o dovrebbe piombar senza dubbio un dì o l'altro sopra la terra.

CAPITOLO VI.

De' Crepuscoli.

121. Il crepuscolo è quella luce che vedesi avanti il nascere o dopo il tramontare del sole; quella luce tranquilla e dolce che, sotto nome anche d'alba o d'aurora, principia a diradar la mattina le tenebre della notte, e va crescendo continuamente finchè apparisce il gran luminare del giorno; quella che, dopo smontato la sera quell'astro dal margine del nostro orizzonte, va degradando, e spegnendosi a poco a poco, fin a lasciarci involti nel massimo buio. Il *crepuscolo* in somma è quella illuminazione che sta di mezzo tra la perfetta oscurità notturna e la presenza del sole; se non che quella voce anche si usa per dinotare i tempi di sì fatta illuminazione.

122. Quando in un bel sereno senza luna, cominciano la mattina a smorzarsi le più minute stelle, o quando la sera ricompariscono, quelli sono i momenti di confine fra le tenebre ed il crepuscolo. Siccome lo splendor del sole, invadendo i nostri occhi da mille parti, interrompe e turba i raggi diretti e deboli delle stelle, nè ci permette discernerle durante il giorno, benchè sempre adornino il firmamento; così fa d'uopo a scorger di notte le più minute, che le nostre pupille sien libere dalle impressioni laterali e moltiplici d'ogni luce riflettuta.

123. Che il lume crepuscolino provenga dal sole non si può dubitarne, dappoichè lo veggiamo invigorir la mattina a misura che più quell'astro s'appressa al nostro emisfero, e illanguidire la sera, secondo ch'ei più s'allontana: nè altre cause costanti di tal perpetuo ricorrimento ravvisar possiamo. Riman da sapere come pervenga la luce del sole alle nostre pupille quand'egli è celato dall'orizzonte; e perchè questa luce s'estingua e s'accenda per gradi, nè si mantenga visibile in ogni luogo per tutta la notte.

124. E primamente è manifesto che intanto veggiamo la luce, in quanto essa viene a ferire i nostri occhi. Appena il sole è tramontato, noi non vedremmo più luce se i raggi di lui, ripercossi dalle cime delle case, dei campanili, de' monti, non cadessero ancora sulle nostre pupille. Questa riflession della luce, che a tutti è patente, vaglia a dare ad intendere quella che pur s'effettua per opera dei vapori e dell'aria. Non corre altra differenza che dal più al meno. I corpi opachi rimandano agli organi nostri assai maggior copia di luce di quel che far possono i fluidi trasparenti. Questi lasciano in vero, secondo la lor densità, tragittare a traverso di sè una parte più o meno de' raggi, ma sempre qualche porzion ne ribattono; ond'è che ci vengon vedute certe nubi splendenti, massime avanti l'orto o dopo l'occaso del sole, quando sono situate opportunamente a riflettere il lume di esso verso di noi. Ma che altro poi sono le nuvole se non vapori addensati? Or quella ripercussione di luce che da esse vien fatta in grande e patentemente, operano a ciel sereno insensibilmente, e a minuto i vapori sparsi che sempre impregnano l'aria.

125. E che sia così, ne assicura in prima il non esservi altra cagione, alla quale attribuir quel chiarore, di cui godiam ne' crepuscoli; in secondo luogo, il sapere per computo che quando ci troviamo avviluppati nelle più dense tenebre della notte, allora il sole è di tanto abbassato dal nostro orizzonte che non può più veder nè percuotere co' suoi raggi l'aria dell'atmosfera, la qual soprasta all'orizzonte medesimo; conciossiachè a quella guisa ch'ei s'alza la mattina, accerchiando il nostro emisfero, così dopo il tramonto prosiegue ad abbassarsi la sera accerchiando l'emisfero inferiore. Or ponendo di miglia 43 l'altezza dell'atmosfera, qual ci venne trovata nel capitolo antecedente (116), appare per computo, dovere il sole abbassarsi 18 gradi, perchè i suoi raggi

no) possono più ferir l'atmosfera in parte alcuna che sia visibile all'occhio nostro.

126. A comprendere che cosa sian que' 18 gradi, s'immagini il lettore una ruota da carrozza, la quale, in vece di 12 razze, come si usa, ne abbia 20. Ogni porzione del cerchio, compresa da due raggi contigui, sarebbe un arco di 18 gradi, dappoichè s'è già detto (51) che il circolo si divide in gradi 360. Tenendo in piedi questa ruota, e mettendo l'occhio al centro, chi appostasse lungo un de' raggi il sole che tramonta, e considerasse la direzione del raggio vicino al di sotto, avrebbe un'idea quanto sia l'abbassamento di un astro a 18 gradi sotto l'orizzonte.

127. La luce che rimiriamo avanti il sorgere o dopo il tramontare del sole, è dunque luce di quell'astro, verso noi riflettuta dall'aria vaporosa. Se la terra non fosse circondata da un'atmosfera, noi passeremmo in un subito dalla buia notte a veder la faccia del sole nascente, e dal fulgor del cadente alla buia notte. Nè allor solamente rimarrebbero offese le nostre pupile da si repentino e disparato mutamento, ma tutto il dì sarebbono esercitate da quegli estremi. Poichè, mancando la ripercussione de' raggi solari dall'atmosfera, solcherebbero questi per diritto le vie del cielo, perdendosi nello spazio senza pur lasciar orma di sè, ed il firmamento, per conseguente, ci apparirebbe mai sempre così tenebroso e stellato, come di mezza notte: nel tempo stesso che ad ogni volgerci al sole direttamente od ai corpi terrestri da esso illuminati, ne avremmo la vista abbarbagliata. Ognun sa che un contrasto, un salto si smisurato, mal sarebbero sopportabili alla costituzione degli occhi nostri: mediante le riflessioni dell'atmosfera sono essi condotti dallo splendore alle tenebre, e viceversa, per lente degradazioni; e queste con soave dispensazione preparano e aguzzano la mattina il diletto che proviamo al venir della luce, temperano e dispongono a poco a poco la sera il disgusto di perderla.

128. Le sembianze del crepuscolo mattutino non sono punto diverse da quelle del vespertino, se non che nell'ordine inverso con cui procedono. Pur come la mattina ci arrecano il dono prezioso della luce, e la sera ce lo rapiscono, perciò il crepuscolo mattutino ha sempre fatto singolarmente le delizie degli uomini, e suscitato nella fantasia de' poeti le immagini più brillanti. La luce che si rompe nel traversar le bollicole d'acqua che forman le nubi, dispiega i colori che cela dentro sè stessa, e dipinge le nuvole, creando quelle vedute maestose, incantatrici e sempre varie che annunziano prossima la venuta del sole. Ecco l'alba, ecco la Dea del mattino, che colle dita di rose schiude le porte dell'oriente; ecco la figlia dell' aria e del sole, il cui trono, sopra tutt' altri magnifico, è portato dall'atmosfera. Al suo comparire s' apre la scena del mondo, sotto i suoi passi spuntano i fiori e s'alzano a gara a riceverla vasti edifizi, alte cupole, amene campagne. Ella rende all' uomo le braccia e l'ingegno; agli animali che deon servirlo, il moto e la forza; alla società che moltiplica all' infinito i godimenti, ma anche gli affanni di lui, l'attività e la fecondità degli scambievoli uffici. Se non che quanto, ahimè, siam noi torpidi e pigri al confronto del celeste cursore! Passa il giorno sì presto che appena ce ne accorgiamo, e la luce ci trova e ci lascia sovente con le mani in mano. Ella torna poi sempre; ma a noi fuggono intanto irrevocabilmente le forze, la salute, la vita.

129. Veduta l'origine de' crepuscoli, riman da trattar della loro durata. Dipende questa dal tempo che mette il sole ad alzarsi o abbassarsi 18 gradi, come s' è detto (125), considerando noi quest' arco dall'orizzonte in giù. Se ei sorgesse ogni giorno dal medesimo punto, quel tempo sarebbe uguale in tutte le stagioni. Ma il sole muta ogni dì la sua strada, e valica i cieli, come ognun vede, per cammino or più alto, or più basso, ora più, ora meno inclinato all'orizzonte. Quant' è più obbliquo il cammino, tanto

più tempo dee 'spendere il sole a scendere o sormontare una data altezza; siccome una scala quant'è men ripida tanto è più lunga. Per questa cagione della diversa obbliquità nel viaggio del sole, nasce differenza nella durata de' crepuscoli; nè solo da stagione a stagione e per fino da giorno a giorno, ma ancora da paese a paese. Imperocchè quell'astro passa sopra la testa de' popoli che circondano la linea equinoziale, la qual traversa l'Africa, le Isole della Sonda e l'America Meridionale; ma ogni regione quant'è più lontana da quella linea, e perciò più vicina al polo, tanto più basso e più obbliquo all'orizzonte vede il cammino del sole. Si stabilisca pertanto che *i paesi che son più prossimi al polo hanno i crepuscoli più lunghi.*

130. Quanto poi al variar che fan questi in un dato paese, crederan forse molti che la maggiore obbliquità del cammino del sole, per rispetto all'orizzonte, intervenga allorchè quell'astro è più basso, vale a dire nell'entrar dell'inverno. Ma ciò non è affatto vero, poichè le circostanze della sfera, cioè della rotondità della terra, portano la massima obbliquità verso agli equinozi, con qualche divario di tempo da una latitudine all'altra.

131. In Modena il più breve crepuscolo ha luogo ai 4 marzo ed ai 9 ottobre. Dura ore 1, min. 40, e per dieci giorni avanti e dieci dopo non varia che di minuti secondi. Dopo i 4 marzo va crescendo continuamente il durar del crepuscolo per fino al principio della state. Quello è il tempo del più lungo crepuscolo per tutta la terra. Monta esso in Modena a 2 ore, 32 min., e si mantiene così dai 18 ai 25 giugno. Sono dunque allora 5 ore, 4 min. di crepuscolo tra quello della mattina e quel della sera. E poichè la nostra notte più breve si stende 8 ore, 30 min., ne segue che al solstizio estivo non abbiam tenebre totali se non solamente per 3 ore, 26 min.

132. Da' 21 giugno a' 9 ottobre la lunghezza del

crepuscolo va sempre scemando con cammino retrogrado, per le gradazioni battute nell'aumentare da' 3 marzo a' 21 giugno. A' 9 ottobre ricomincia a crescere infino ai 21 dicembre; di là a calar d'altrettanto perfino ai 3 marzo; ma questa variazione è tenuissima, consistendo in 8 min. soltanto, giacchè la massima durata del crepuscolo ne' contorni del solstizio invernale, o sia dagli 11 ai 31 dicembre, non passa 1 ora, 48 min. Abbraccia esso dunque ore 3, min 36 tra mane e vespero; e poichè la nostra più lunga notte tira ore 15, min. 16, perciò le tenebre allora con noi dimorano pel tratto di ore 11, min. 40.

133. Sì fatte cose che dipendon da calcolo, non possiam che affermarle. Ma i computi nullameno sono infallibili, comechè nè farli nè intenderli possa chi non sia ben provisto di cognizioni matematiche. A quel modo che senza fallar d'un minuto si trova per computo il preciso momento del nascer del sole, cioè del suo giungere all'orizzonte, così con la stessa certezza rinviensi l'istante ch'ei n'è lontano 18 gradi. La differenza di questi due tempi costituisce la durata del crepuscolo. Nel nostro Almanacco può questa sapersi di giorno in giorno (per la latitudine di Verona dove fu primamente pubblicato), sottraendo l'ora dell'alba da quella del levar del sole. Bensì è da notare che questi computi presuppongono il ciel sereno, e l'orizzonte piano e libero da montagne od altre ineguaglianze ne' punti ove nasce o tramonta il sole. Altrimenti quanto più il cielo sarà coperto da nuvole e nebbie, e quanto meno l'orizzonte sarà sgombro, tanto più tardi comparirà il chiaror dell' alba, tanto più presto s'estinguerà il crepuscolo vespertino, tanto più breve, in somma, sarà la durata de' crepuscoli.

134. Le tavole dell'alba, come anche quelle del levare e del tramontar del sole, che nel nostro almanacco si contengono, vagliono parimente per ogni paese situato alla stessa latitudine, val a dire a distanza pari di quella di Verona dall'equatore o dal

polo. Per quel che riguarda la varia lunghezza de' crepuscoli a diverse latitudini; basterà il seguente saggio a darne un'idea.

135. Sulla linea equinoziale, per esempio a Quito, il più corto crepuscolo avviene in tempo degli equinozi, e dura 1 ora, 10 minuti:-il più lungo va a 1 ora, 16 minuti, e non più. Questi sono i più brevi che in ogni altro luogo della terra a diversa latitudiue.

136. A Roma, città più meridionale di Verona per 200 e più miglia, il minore crepuscolo abbraccia 1 ora, 54 minuti; il maggiore 2 ore, 26 minuti.

137. Alla latitudine poi di gradi 48 1/2, cioè quasi 200 miglia più presso al polo di quel che sia Verona, comincia il massimo crepuscolo a durar tutta notte, vale a dire toccarsi insieme quello della sera con quello della mattina, nel solstizio di state. Di là in su quanto i paesi son più vicini al polo, tanto godono per più tempo quell' union de' crepuscoli.

138. In fatti a Parigi, 200 e più miglia al settentrion di Verona, il più corto crepuscolo dura 1 ora, 47 minuti: il massimo poi comprende tutta la notte dai 12 ai 30 di giugno.

139. A Londra, 565 miglia più vicina al polo di quel che sia Verona, il minimo crepuscolo dura 1 ora, 53 minuti; il maggior tutta notte per mesi due, da 22 maggio a' 21 luglio.

140. A Pietroburgo, 900 miglia al norte di Verona, il più breve crepuscolo dura 2 ore, 21 minuti. La notte intiera è rischiarata per mesi quattro, dal 21 aprile al 21 agosto.

141. A Tornea nella Svezia, che d' oltre a 1200 miglia s' appressa al polo più che Verona, il più corto crepuscolo avviene a' 27 febbraio, e a' 14 ottobre, e la sua durata è 2 ore, 54 minuti. Il più lungo riman tutta notte per mesi cinque da' 5 aprile a' 6 settembre. Nel solstizio di state non passa nè meno un' ora dal tramontare al levare del sole: le maggiori tenebre sono come le nostre in quella sera agli 11 minuti dopo l' avemaria.

142. Se vi hanno abitatori al polo, la lor condizione d'aver quasi sei mesi di perpetua notte, è raddolcita da un crepuscolo continuo nelle prime sette settimane, come anche nelle sette ultime; talchè la perfetta oscurità, se mai ha luogo, stante il soccorso quasi continuo della luna e delle aurore boreali, dura soltanto due mesi e mezzo, cioè da' 13 novembre a' 28 gennaio. Il crepuscolo continuo si stende da' 29 gennaio a' 17 marzo, e da' 25 settembre a' 12 novembre. Il rimanente dell'anno è giorno perpetuo, nè mai vi tramonta il sole.

143. Abbiamo detto (122), ed ognun sa, che il lume crepuscolino non permette veder le stelle se non se a misura ch'ei va spegnendosi, e ch'elle sono più splendide. Se ne può ricavare una regola per conoscerle. La prima a vincer quel lume è Venere: scorgesi d'ordinario alquanti minuti avanti l'avemaria della sera, ma in certe circostanze eziandio di bel giorno. Il secondo è Giove, indi Sirio o la stella della Canicola. A' dieci minuti circa dopo l'avemaria compariscono Marte, Saturno, e le stelle di prima grandezza; 10 min. appresso, quelle di seconda; d'intorno a mezza ora di notte quelle di terza; e così discorrendo; finchè al terminar del crepuscolo, o sia a notte chiusa e senza lume di luna, si distinguono quelle più minute, delle quali è concessa la vista all'occhio disarmato. Resta che quanto s'è detto or ora relativamente ai pianeti ed a Sirio, s'intenda sempre de' tempi in cui si trovi ciascuno d'essi al cader del sole nel nostro emisfero celeste.

CAPITOLO VII.

Delle Refrazioni Astronomiche.

144. La refrazione astronomica è un piegamento de' raggi della luce, in virtù del quale vediamo gli oggetti un poco più alti di quel che sono. Ponete

una moneta sul fondo d' un catino, poscia scostatevi tanto che l' orlo del vaso ve la nasconda. Fate allora versar dell' acqua nel recipiente: eccovi tosto torna negli occhi la moneta. Lo stesso accade d' un fiore il qual sia dipinto sul fondo del catino, acciocchè niuno possa mai sospettare che l' acqua solevi effettivamente la moneta.

145. Per ben capire questo fenomeno, è d' uopo stabilir due principj: 1. Che tutto ciò che vediamo, intanto il vediamo perchè la luce, mossa per ogni dove con incredibile velocità, urta ne' corpi, e vien di rimbalzo a percuoter le nostre pupille, e portarvi dentro l' immagine di essi; laonde il vedere non è altro se non sentir le battute de' raggi luminosi sopra la retina. Siccome col mezzo d' una lente ci rappresenta la camera ottica in piccolo spazio dipinte le case e le strade d' una città con tutti gli uomini e bestiami che vi s' aggirano, così il nostr' occhio è fornito d' umori o lenti, capaci a raccoglier le stesse immagini distintissime, dentro un campo infinitamente più piccolo. Nè v' è luogo a dubitarne, dacchè si scorgono in fatti coteste dipinture nell' occhio d' un bue, tratto di fresco o applicato ad un pertugio di stanza oscura.

146. 2.° La luce di sua natura cammina per linea retta. Anche ciò è manifesto; poichè se nella dirittura dal nostr' occhio ad un oggetto si frammette un ostacolo, non vediamo più l' oggetto. Così non veggiam la moneta quando l' orlo del catino si trapone tra quella e il nostr' occhio. Questo secondo principio abbisogna però d' una condizione; cioè che la luce cammini per un ambiente d' egual densità: allora il suo viaggio è senza dubbio per linea retta. Ma se la moneta sia coperta d' acqua, e per conseguenza i raggi di luce che ella rimanda, passino dall' acqua nell' aria, in tal caso non vanno più per linea retta; perocchè, usciti dell' acqua, verso l' acqua si piegano un poco, dalla parte ove l' hanno più prossima; e così quelli che trascorsi sarebbero

per di sopra al nostro capo, se l'acqua non ci fosse, vengono, in grazia di quel piegamento, a ferire le nostre pupille, e ci fanno scorgere la moneta. Come poi l'occhio non sa di cotal piegamento, perciò l'anima nostra non può giudicar della situazion dell'oggetto se non se dalla direzione de' raggi nell'ultimo istante allorchè colpiscono gli organi della vista; e così la moneta ed il fiore ci sembrano alzati dall'acqua.

147. La causa dell'accennato piegamento non è difficile da intendere. L'acqua, per esser più densa dell'aria, attrae i raggi di luce con maggior forza di quel che fa l'aria; laonde usciti dell'acqua, verso l'acqua, si piegano: e come l'attrazione s'esercita del continuo, così ad ogni momento nasce una nuova piegatura, finchè pervenuti non sieno a tal distanza da non sentir d'avantaggio l'attrazione dell'acqua. Quelle piegature successive rendono curvo il cammino della luce: ma l'occhio riceve il colpo secondo la direzione dell'ultima piegatura, nè può aver sensazione alcuna delle piegature antecedenti.

148. Per simil ragione il remo sott'acqua ci appare scavezzo. I raggi di luce che da quello riverberati a noi vengono, usciti dell'acqua, s'incurvano, al modo già detto, per causa dell'attrazione di essa; e noi, giudicando dall'impressione che l'occhio riceve secondo l'ultima piegatura, dovremmo creder la pala del remo più alta che in fatti non è, se già davanti non fossimo certi che quell'apparenza c'inganna.

149. Frangesi dunque la luce, quando passa da un ambiente ad un altro di densità diversa e quel frangimento s'appella *refrazione*. E poichè s'è veduto (94 e 95) che l'aria si rende via via più lieve secondo che è più lontana dalla superficie terrestre, perciò fa mestieri indagare a quai torcimenti per avventura vada soggetta la luce del sole, de' pianeti e delle stelle, mentre traversa gli strati diversamente densi dell'atmosfera. Imperciocchè quella

deviazione de' raggi ci farà vedere gli astri fuori del vero lor sito; e questo è un inganno, che per niun modo l'astronomica verità non comporta.

150. Or qui conviene richiamare alla mente ciò che abbiamo dimostrato (45), che *ogni massa rotonda tira a sè gli altri corpi per linea perpendicolare alla sua superficie.* Quando una stella si trova precisamente al nostro *zenit*, i raggi da essa vibrati verso di noi, a guisa di sasso che piomba dall'alto, sono perpendicolari al globo terrestre, e per conseguente anche all'atmosfera che lo circonda, siccome quella ch'è atteggiata del pari (118). L'attrazione dell'aria è dunque uguale in tal caso da ogni lato, e però crescerà bensì la velocità della luce, a misura che più la tirano gli strati d'aria sempre più densi, ne' quali s'immerge successivamente; ma il raggio non sarà piegato più da una parte che dall'altra, siccome non è il sasso il quale cade a piombo senza declinare per alcun verso.

151. Ma se la stella sia in altra parte del cielo, sicchè i suoi raggi vengano a noi per linea obbliqua alla superficie terrestre, a similitudine di sasso slanciato di fianco dall'alto d'una torre, allora dee nascere alla luce quel che succede alla pietra. Se chi la scaglia ha in animo di ferire il piede d'un albero, fa d'uopo che tenga il tiro più alto, come volesse colpir la cima; imperocchè la pietra non va coll'impulso solo del braccio; ha il proprio peso che di continuo la sforza a bassarsi da quella direzione; laonde, in vece d'andare per linea retta, descrive una curva; e in vece di percuoter le chiome della pianta, perviene a batter nel piede.

152. S'è già veduto (96) che attrazione, gravità e peso possono riguardarsi per una cosa medesima. L'idea del peso nel sasso ci è famigliare. Che poi la luce, corpo infinitamente sottile, sia pur pesante, non è tanto facile convincerne i sensi. Ma posciachè senza l'attrazione reciproca de' corpi non v'è ragione, onde un sasso, lasciato libero nell'aria, venga

piuttosto in giù che vada in su; così è forza che a quell' attrazione obbedisca ogni corpo egualmente. E però anche la luce, vie più attirata dagli strati dell' aria quanto più densi diventano, deve torcere il suo cammino, e scemar quell' obbliquità, colla quale è entrata nell' atmosfera, poichè l' attrazione, come dicemmo, chiama al perpendicolo.

153. Quel raggio pertanto che vien da una stella negli occhi nostri, se non vi fosse atmosfera, ci passerebbe sopra la testa; siccome il sasso slanciato; se la gravità nol tirasse in giù andrebbe a colpire la sommità dell' albero non il piede. A quel modo che il sasso descrive una curva, per la stessa ragion la descrive anche il raggio; e l' anima nostra, veggendo secondo la direzione, con cui gli organi son percossi, vede la stella dove non è, l' ultima piegatura del raggio determina la visione. La stella ci appare più alta del vero suo sito, non altrimente che faccia la pala del remo e la moneta nell' acqua.

154. Quanto poi è più bassa la stella, e quanto è perciò più lontana dal perpendicolo la direzione de' raggi da essa scoccati verso di noi, sempre maggiore si trova esser la refrazione o sia la curvità del loro cammino. E la ragione è agevole da intendere. S' immerga un bastone a perpendicolo nel mezzo ad un gran mastello d' acqua, e si tocchi il fondo. Rappresenti il bastone la via d' un raggio di luce, l' acqua l' atmosfera, il fondo del mastello, la superficie terrestre. Si osservi e si marchi il segno ove giunge l' acqua a bagnare il bastone. Poi si vada bel bello inclinandolo, senza muover la punta dal sito ove preme il fondo. Ognun vede che quant' è più obliquo, tant' è più lunga la porzione immolata; tanto più lungo per conseguenza il viaggio della luce per l' atmosfera: e come una scala, quant' è più lunga tanto ha più scaglioni, così il raggio in più lungo tratto comporta più spezzature; e la somma di queste, che costituisce la rifrazione totale, divien maggiore.

155 Il bastone diritto in mezzo al mastello ci fa poi vedere, come il raggio che vien perpendicolarmente dallo *zenit*, non deve patire alcuna refrazione; poichè l' aria, essendo in egual quantità da tutte le parti, a simiglianza dell' acqua che circonda il bastone, la luce, tirata con pari forza da ogni lato, non si piega ad alcuno, ma trapassa dirittamente per la via brevissima. Conchiudiamo pertanto. *La luce degli astri non soffre alcuna refrazione, se sono allo zenit: e la soffre sempre maggiore, quanto sono più lontani dallo zenit, o sia quanto più son vicini all' orizzonte.*

156. Questa rifrazion della luce, causata dall' attrazione dell'atmosfera, si chiama la *refrazione astronomica celeste*, poichè fa vedere i corpi celesti fuori del luogo ove sono. Ma gli astronomi hanno bisogno di sapere il vero sito degli astri; senza di che sarebbe vano ogni studio sopra il sistema de' cieli: è d' uopo dunque emendare le osservazioni dagl' inganni della rifrazione: per ciò è necessario conoscer la precisa quantità di essa in ogni punto del cielo.

157. In questo investigamento cominceremo dallo stabilire: che la rifrazione si fa in un piano verticale. *Piano verticale* può dirsi la superficie di un muro che si alza a perpendicolo senza pendere in dentro nè in fuori. Così la rifrazione alza l' astro ai nostri occhi, mai senza portarlo nè a dritta nè a sinistra. Imperciocchè, ritornando alla comparazione del sasso slanciato dall' alto della torre, due sono le forze che lo muovono: Una è la sua gravità, che lo farebbe cader a piombo a piè della torre se non vi fosse lo slancio; l' altra è lo slancio medesimo, che il porterebbe per linea dritta a ferire la cima dell' albero se non vi fosse la gravità che lo tira in giù. Da queste due forze si genera un moto composto: il sasso obbedendo ad entrambe, ad ogn' istante va innazi e va in giù, descrivendo una terza linea, che non è l' uno nè l' altra di quelle che avrebbe

percorso se da una sola delle due forze fosse stato cacciato. Quella linea è una curva, o vero una retta incurvata da continui piegamenti, e poichè niuna delle due forze tira il sasso nè a dritta nè a sinistra, per ciò quella curva sta in un piano verticale; in guisa che il sasso in tutto il suo volo raderebbe sempre un muro, se un muro andasse dalla torre all' albero.

158. Similmente il raggio di luce è animato da due forze: la vibrazione dall' astro e l' attrazione dall' atmosfera. Spinge la prima a passar diritto al di sopra del nostro capo quel raggio che dalla seconda tirato giù, vien per via di successivi abbassamenti a capitar nelle nostre pupille. Le attrazioni laterali non lo fanno deviare, perchè equipollenti, essendovi egual quantità d' aria sì a dritta che a manca: e però la deviazion nasce tutta verticalmente, allo stesso modo come quella del sasso. *La refrazione si fa* dunque *in un piano verticale* siccome ci eravamo propositi di dimostrare.

159. Ch' ella poi ci faccia comparir l' astro più alto e non più basso, oltre quel che s' è detto di sopra, si può confermare così: Se ad un cieco venga una palla nel dorso, ei la crede per certo scagliata da alcuno che sia dietro a lui, sebbene il tiratore possa benissimo essergli stato davanti, e la palla essergli passata sopra la testa, e poi riverberata dal canto di un muro. Quando non sappiamo onde venga la prima impulsione, non possiamo giudicare se non dall' ultima direzione che ha il mobile da cui siamo colpiti. Così è della visione, nè può essere altrimente. Tutte le flessioni che accadono al raggio di luce prima di giungere all' occhio si fanno senza saputa di questo, nè hanno con esso alcuna relazione o corrispondenza. L' anima giudica dalla percossa, e però riferisce gli astri e gli oggetti tutti secondo la direzione di quella.

160. Or che questa direzione sia tale, come se il raggio venisse da più alte mosse che non è il vero

sito dell' astro, si può riconoscer materialmente, pigliando una bacchetta flessibile, la quale, impugnata da altri per l' estremità più gagliarda, s' incurvi un poco dall' altra in verso terra a cagion del suo peso. Fate di rimirare per lo lungo della bachetta, secondo la direzione ch' ella ha dalla punta in su. Il raggio visuale sarà senza dubbio indiritto a più alto scopo che non è il pugno di chi tien la bacchetta. Or se nel pugno si finga l' astro, nella bacchetta il viaggio della luce sarà patente nell' ultima sua curvità la direzione secondo cui l' occhio sente la percossa del raggio. Conchiudasi dunque: *La refrazion della luce fa vedere gli astri più alti di quel che sono realmente.*

161. Grandi fatiche sostennero uomini sommi per liberare l' astronomia da questa illusione. *Cassini*, *la Caille*, *Bradley Mayer* vi hanno speso gran parte della vita. Grazie alla loro perseveranza, siamo arrivati oggidì a conoscere molto accuratamente quanto sia l' errore che nasce dalla rifrazione in ogni punto del cielo; avvegnachè abbiam dimostrato non esser già uguale per tutto la sua quantità, ma farsi maggiore secondo che l' astro è più prossimo all' orizzonte. Era dunque mestieri indagare e determinar puntualmente la detta quantità ad ogni altezza diversa degli astri dall' orizzonte. Tra i vari metodi usati per questa indagine, c' ingegneremo esporne uno ad intelligenza comune.

162 Chiunque abbia innalzato una qualche volta gli occhi al cielo, non avrà potuto a meno di non accorgersi che tutte le stelle girano in 24 ore, come fa il sole, altre più basso, altre più alto. Quant' è più verso al punto cardinale del mezzogiorno il sito dell' orizzonte, onde spuntano, tanto s' alzano meno nel loro giro; a quel modo che il sole nell' inverno ci passa dinanzi molto più basso di quel che faccia la state, quando levasi in parte assai più vicina al punto cardinale di tramontana che a quello di mezzogiorno. Si piglian di mira quelle stelle che nella

diurna rivoluzione trapassano appresso a poco al di sopra del nostro capo, e s' aspetta di osservarle nella culminazione, cioè quando sono alla massima altezza dell' orizzonte. La loro distanza dallo *zenit* è allora o brevissima o nulla, e però, secondo le cose dimostrate, non patiscono rifrazione. L' osservazione fatta in quel momento ci mostra dunque la stella nel vero sito ove giace nel cielo.

165. Dopo la culminazione discende ella sempre fin al suo tramontare: s' avverta solo che questo scendere non è un moto particolar della stella, la qual muti la propria sede nel firmamento; comune a tutte è quel moto, e dipende o da girar del cielo secondo il sistema di Tolomeo, o da girar della terra d' intorno a sè stessa, secondo quel di Copernico; de' quali sistemi ragioneremo quando cada in acconcio. Restano dunque immobili le stelle nel luogo occupato da ognuna di esse, e conservano quindi immutate e costanti le loro distanze reciproche. Ma perchè l' illusion delle rifrazioni altera del continuo quelle distanze, perciò gli astronomi dopo aver osservate due stelle, *A*, *B*, che passano ad ora diversa allo *zenit*, ed avere ivi determinato, senza timore di refrazione, il vero sito di entrambe, e dedotta per conseguente la vera distanza tra esse, prendono poi un altro giorno, tutto ad un tratto, la misura immediata della distanza medesima; quando *A* è allo *zenit* e *B* in altro sito più basso: e la trovan più piccola della vera, perciocchè la refrazione alzando la stella *B*, l'avvicina alla *A*. L'errore in detta distanza è l' effetto della refrazione: ond' ecco riconosciuta la quantità d' alzamento ch' è prodotto dalla refrazione, a quell' altezza in cui era la stella *B* nel momento dell' ultima osservazione. Con tale ed altri metodi, assai più laboriosi di quel che sembri per avvventura al racconto di questo, è stata determinata la scala delle refrazioni, cioè la precisa quantità di che un astro si vede alzato per quelle dal vero suo sito, ad ogni diversa elevatezza dall' orizzonte.

164. La refrazione maggiore è l'orizzontale, cioè quando l'astro si leva o tramonta. Essa è in Verona di minuti 31 1/2 circa, Dico *in Verona* poichè, dipendendo la refrazione dalla densità dell'aria, ognun sa che ogni clima non gode la stessa qualità d'aria. Perchè poi si comprenda che sien que' minuti 31 1/2 diremo tanta essere appunto la grandezza del diametro dal sole nel mese di giugno. Ed essendosi detto più volte che un circolo si divide in 360 gradi, un grado in 60 minuti, ne viene che se vi fossero 686 soli che si toccassero un dopo l'altro, così seduti sull'orizzonte, siccome il sole appena levato, formerebbero un anello tutt'all'intorno, posciachè 686 volte 21 1/2 fanno 21600 circa, quanti minuti si contengono appunto in 360 gradi.

165 Ma se l'alzamento apparente degli astri per causa della refrazione orizzontale, agguaglia il diametro del sole, ne nascerà che allorquando il sole è appena sorto, o quando è in procinto di tramontare, nella verità sarà tutto nascosto sotto l'orizzonte. La rifrazione ce lo fa veder tutto intero sebben l'orizzonte lo asconda tutto: a quel modo che ci vien veduta la moneta nell'acqua, comechè s'interponganano gli orli nel catino. Se non vi fosse atmosfera, nè men picciola parte del sole vedremmo in quel punto nel qual lo scorgiamo per tutto, a quella guisa che senza l'acqua niente vedremmo della moneta.

166. Quando poi il sole tocca in realtà l'orizzonte coll'orlo inferiore del proprio disco, allor lo miriamo alzato dall'orizzonte di tutto sè stesso, sicchè un altro sole vi capirebbe frammezzo. Ma è d'uopo qui fare una riflessione. L'orlo inferiore, il qual tocca in realtà l'orizzonte, ci pare alzato minuti 31 1/2 a cagion della refrazione orizzontale. Ma l'orlo superiore, perchè men basso, dee soggiacere, per le cose dimostrate, a minor apparenza di alzamento. Esso è lontano dall'orizzonte minuti 31 1/2: or s'è trovato a forza d'osservazioni che a quell'altezza l'effetto della refrazione è soltanto di minuti 26 2/3. Se dunque l'orlo inferiore apparisce più alto del

vero minuti 31 1/2, ed il superiore minuti 26 2/3, ne segue che questo ci appar più vicino all'altro di quello che sia realmente: il diametro del sole, d'alto in basso, ci comparisce dunque più corto, da 4 a 5 minuti, dell'altro da destra a sinistra; il qual non patisce accorciamento dalla refrazione, siccome quella che già s'è veduto non alterare nè punto nè poco il sito degli oggetti da dritta a manca. E poichè la quantità della refrazione delle altre parti intermedie del disco solare, siccome poste a diverse altezze dall'orizzonte, dee, gradatamente scemare dai minuti 31 1/2 ai minuti 26 2/3, quindi ne nasce un cambiamento di figura nel sole, e così nella luna, che che quando son prossimi all'orizzonte ci compariscono ovali. Chi non vi avesse posto mente, vi badi, essendo molto visibile la differenza dalla rotondità; dappoichè nell'altezza predetta il diametro verticale, o sia d'alto in basso, è più piccolo d'una settima parte del diametro orizzontale, che è quel da destra a sinistra. Tutto questo è illusion della rifrazione, la quale in tal caso rende ovale negli occhi nostri l'immagine di ciò ch'è rotondo.

167. All'altezza di cinque soli circa dall'orizzonte, l'effetto della refrazione è gia ridotto alla metà, val a dire a minuti 15 3/4. All'altezza di gradi 6, o si dica d'undici soli e mezzo circa, si ristringe ad un quarto, talche non arriva ad 8 minuti. Crescendo le altezze, prosiegue la refrazione a farsi via via minore, ma sempre calando più lentamente. A 45 gradi di elevazione, cioè a mezza altezza tra l'orizzonte e allo *zenit*, non arriva a un minuto. Così di grado in grado s'è definita la quantità della refrazione, e descritta in tavole, con l'aiuto delle quali gli astronomi, osservata l'altezza d'un astro dall'orizzonte, vi dibattono sempre quel tanto che importa la refrazione.

168. È facile intender la causa per cui la quantità della refrazione si muta rapidamente nelle piccole altezze degli astri dell'orizzonte. Un lungo bastone,

leggermente conlitto nel mezzo del fondo d'una gran vasca, con libertà d'inclinarsi fino a toccarne gli orli, ne darebbe ocular dimostrazione. Il fatto stà che ponendo l'atmosfera alta 45 miglia (116), il viaggio per essa della luce che, in venendo questa a piombo da una stella posta allo *zenit*, è di miglia 45, diviene di verso a 600 miglia se l'astro è all'orizzonte, e di circa 300 s'egli è alto solamente sei gradi.

169. Ed or si comprenderà il perchè ci sia conceduto affissare il sole senza nocumento della vista quando egli è all'orrizzonte. Quanto più lungo è il cammino de' suoi raggi per l'atmosfera, più quantità ne riman dispersa ed intercetta dall'aria e dai vapori. Imperocchè l'aere colla sua densità non solo rifrange, ma anche riflette la luce, cioè ne respinge una parte senza lasciarla passare. In fatti s' è già trovato da' fisici con le loro sperienze che l'intensità della luce del sole è 1354 volte minore del margine dell'orizzonte, di quel che sia per gli abitanti della zona torrida, quando lo hanno sul capo a perpendicolo.

170. Questo è un altro argomento in favore di quella conchiusione che abbiamo adottata (120) che i cieli al di là dell'atmosfera sieno del tutto vacui. Altrimenti, per quanto sottil fosse l'etere, da cui v' ha chi gli stima occupati, la luce delle stelle che sta in cammino alcuni anni per tragittar fino a noi, resterebbe in sì lungo viaggio tutta intercetta a poco a poco dall'etere, e noi non potremmo scorgere stella veruna.

171. Abbiam detto di sopra (164) che la refrazion non è uguale in tutti i paesi, stante la differenza del clima. Vi è un'altra causa d'ineguaglianza, ed è la diversa elevazione del suolo, posciachè quant'è più alto il sito, tanto meno strada fa il raggio per arrivarvi, le rifrazioni per conseguenza sono minori. Ma ora diremo di più che la rifrazione è soggetta a variar nello stesso paese, non solo da sta-

gione a stagione, ma ancora dal giorno alla notte, e perfino da un' ora all' altra. La causa di tutte queste varietà è sempre la stessa, cioè la costituzione dell' aria che va sottoposta continuamente a vicissitudini. Il caldo, il freddo e l' umido mettono alterazioni incessabili nello stato dell' atmosfera. Il calore dilata e rarefà l' aria; il freddo e l' umido la condensano. Ma la refrazione provien dalla densità dell' aria: debb' esser dunque maggior nel secondo caso, minor nel primo. Sono pertanto maggiori, generalmente parlando, le refrazioni la notte del giorno. l' inverno della state, ne' climi umidi più che negli asciutti. Noi stessi, con le nostre osservazioni, fatte in un luogo e nell' altro, abbiamo trovato le rifrazioni in Verona piu piccole d' un venticinquesimo di quelle in Parigi; ond' è da credere che l' aere veronese sia alquanto più puro e men umido del parigino.

172. Ecco perciò l' astronomo posto alla necessità di scandagliare la densità dell' aria al momento d'ogni sua osservazione, se vuol correggere esattamente l' error della refrazione, posto ch' ell' è tanto instabile. S' è veduto (108) che la densità dell' aria è proporzionale al peso degli strati superiori, il qual è indicato dal barometro (99). Bisognerà dunque valutar la quantità della rifrazione ragguagliatamente all' altezza del mercurio in quell istromento. Sia, per esempio, costrutta la scala delle rifrazioni, come suol farsi per il caso dell' altezza mezzana del barometro, la qual sia di pollici 28. Se il barometro varia d' un pollice, vale a dire, d' un ventottesimo, le refrazioni debbono variar d' altrettanto, e però calando il mercurio a pollici 27, scemano esse d' un ventottesimo dalla loro quantità media; montando l' argento vivo a pollici 29, crescono le rifrazioni d' un ventottesimo. E così intendasi in proporzione per le altezze intermedie del barometro.

173. Tutto questo per altro non basta ancora. Imperocchè la densità dell' aria patisce cangiamento,

non solo al variar del peso degli strati superiori, ma ancora in ragione degli effetti della sua elasticità, dipendenti dal calore. Di maniera che, stando il barometro ad una data altezza, ed essendo per conseguente l'atmosfera di un dato peso, ciò non pertanto la densità dell'aria è diversa a diverso grado di calore. In vero abbiam dimostrato (112) che anche la forza elastica dell'aria è misurata dal barometro, cioè dalla pressione degli strati superiori, ma ciò parimente si debbe intendere, poste da banda le vicissitudini del calore. Imperocchè si supponga questo aumento: esso dilata i corpi o sia li fa crescere in volume, e occupare spazio maggiore, come ognun vede nell'acqua che bolle: dunque l'aria per dilatarsi ha bisogno d'acquistare spazio col respingere in su gli strati superiori. Il peso loro per conseguente può restare immutato, sebben l'aria inferiore col dilatarsi venga a scemar nella densità. Ecco il motivo per cui veramente il peso dell'atmosfera non basta a far conoscer la densità dell'aria sottoposta, se non *per un dato grado di calore sempre costante*. Questa clausola cade ora in acconcio di apporre alla regola data (108): *la densità dell'aria è proporzionale al peso che la comprime*. Come poi il termometro è quello che manifesta le alterazioni del calore, così per conoscere la densità dell'aria e le refrazioni corrispondenti non basterà sapere il il peso di quella dal barometro, ma bisognerà tener conto altresì delle dilatazioni di essa, relative al grado di calore indicato dal termometro.

174. Il *termometro* è un istromento ch'è nelle mani di tutti, ma che non da tutti s'intende: il perchè ne direm due parole di spiegazione per cui bisognasse. Il caldo fa crescere di volume lo spirito di vino o il mercurio che riempie la palla, il quale per conseguenza è forzato andar su per lo tubo sottile. Il freddo, al contrario, restringe il liquore ch'è nella palla, laonde quello del tubo convien che scenda ad occupare il vacuo che in essa ne nasce.

Ecco come l'alzarsi e il bassarsi del mercurio nel tubo fa puntualmente conoscer le variazioni del caldo e del freddo. E poichè il diametro del canello è almen venti volte minore di quel dell' ampolla; quindi è che ogni minima dilatazione o condensamento che avvenga nel mercurio della palla, produce visibili movimenti, nel filetto sottilissimo del tubo.

175. Sulle dilatazioni dell' aria, corrispondenti a diversi gradi di calore, non sono per anco i fisici ben d'accordo fra loro. La più parte conviene appresso a poco in questo: Che per ogni dieci gradi di cangiamento nel termometro, le refrazioni sieno alterate d' un ventiduesimo. In Verona il massimo freddo ordinario va a 5 gradi circa: il massimo caldo ai 28. Vi ha dunque differenza di 33 gradi di calore dalla state all' inverno; e però le rifrazioni variano, per questa sola causa, di tre ventiduesimi e da vantaggio, o sia d' un settimo circa.

176. E come il barometro, per le osservazioni di nove anni varia persino a pollici 3 4/5, il che viene a star quasi la nona parte di 28 pollici; così il cangiamento totale delle rifrazioni, a motivo della variazione del barometro, o sia del peso dell' aria, va infino ad un nono.

177. Quando s'è fatta l'osservazione del luogo apparente d' un astro nel cielo, bisogna dunque, per liberarla dagli inganni della refrazione, applicarvi le correzioni convenienti all' altezza del barometro e del termometro; i quali strumenti si debbon tenere del tutto prossimi alla bocca del cannocchiale, essendo la costituzione dell' aria in quel sito quella che decide della quantità della rifrazione. Con questi mezzi son pervenuti gli astronomi a conseguire osservazioni molto concordi in ogni stagione.

178. Sembrerebbe tuttavia che non solo della densità e della elasticità dell' aria dovesse tenersi conto, ma ancor della sua secchezza e della umidità. Imperciocchè il calor debbe agire diversamente in aria umida o in aria secca. Quindi è che, a render per-

fetta la cognizione delle rifrazioni, molti son di parere che si dovrebbe far uso eziandio dell'igrometro, istromento specialmente destinato a misurare l'umidità dell'aria.

179. Qualcuno forse dirà che il termometro esposto alla bocca del cannocchiale può bensì dinunziare l'elasticità dell'aria che lo tocca e circonda, ma non così gli effetti del calore che regna negli strati superiori dell'atmosfera. Arguta sarebbe l'obbiezione; ma il gran Neutono ha provato, che se la densità dell'aria s'accresce quant'è più vicina alla terra, e s'accresce con regolar gradazione, siccome par ragionevole, da uno strato all'altro, supposti d'altezza uguale, ad ogni strato dee nascere un piccolo piegamento del raggio; e la somma di queî piegamenti, la qual costituisce la refrazione totale, viene appunto ad esser tanta, come se fossero tolti tutti gli strati intermedi, e la luce passasse immediatamente dall'etere ovvero dal primo strato nell'ultimo, cioè in quello che tocca il vetro del cannochiale. Se questo teorema non fosse vero, il termometro, il qual sente unicamente le vicissitudini del calore in quell'aria che lo circonda, sarebbe insufficiente a correggere le refrazioni dalle ignote influenze degli strati superiori; ma poichè in pratica si ritrova che le correzioni regolate sul termometro adducono le osservazioni a grande esattezza e concordia, è forza inferire che l'occhio perspicace del gran Neutono abbia colto nel segno, o molto prossimamente.

180. La verità del di lui teorema spicca soprattutto nelle osservazionî degli astri non troppo vicini all'orizzonte. Imperciocchè da questo persino all'altezza di 5 o 6 gradi, le refrazioni patiscono qualche incertezza ed irregolarità, per cagion de' vapori più crassi, che, massime nei luoghi abitati, ingombrano spesso e per salti l'aria inferiore. Quindi è che gli astronomi evitano quanto possono di osservare gli astri allorchè son propinqui all'orizzonte, e gli aspettan piuttosto al punto della massima loro

elevazione, ond'è che le osservazioni fatte nel meridiano sono quelle che godono la maggiore autorità. Ma delle cause di varietà nelle rifrazioni sia ragionato a bastanza.

181. Una conchiusione importante dobbiam cavare da quel che s'è detto: vedersi in grazia della rifrazione tutto intero il sole: e prima immediatamente ch' egli cominci a spuntar la mattina e dopo ch' egli ha finito di tramotare la sera. La conchiusione sta in questo: Che il giorno naturale, cioè il tempo che passa dall'orto all'occaso del sole, è allungato a vantaggio nostro dalle rifrazioni. La quantità del prolungamento consiste nella somma dei due intervalli occorrenti al sole, per mettersi fuori tutto intero la mattina e per occultarsi la sera. Questi tempi sono eguali nel medesimo dì; ma non così da una stagione all'altra, meno poi da un paese all'altro. La ragione di queste varietà è quella stessa che si è resa nel Capitolo VI (129, 130) per dichiarare la diversa durata de' crepuscoli; però ci asterremo dal ripeterla.

182. In Modena ed in Verona il tempo che il disco del sole impiega a sorgere od a tramontare, è di 3 minuti negli equinozi, e di 3 minuti 1/2 nei solstizi, di maniera che in marzo e settembre le refrazioni prolungano il giorno di 6 minuti; in giugno e dicembre di 7, crescendo e calando gradatamente tra questi due termini negli altri mesi.

183. A Londra le rifrazioni allungano il giorno di 7 e più minuti negli equinozi, e di 9 1/3 ne' soltizi. A Pietroborgo di 9 e 15, respettivamente. E più che si va al settentrione, l'aumento che nasce dalla rifrazione nella durata del giorno cresce vie maggiormente: tanto che se vi sono abitatori al polo, essi vedono il sole metter 33 ore 1/2 a levarsi ed altrettante a tramontare; ma tutto l'anno è diviso per loro in un solo giorno ed una sola notte.

184. Abbiamo veduto (124, 125) che l'aria atta a riflettere la luce, e produrre i crepuscoli, s' alza

miglia 45. Ma l'aria capace a rifranger la luce, cioè a generare que' torcimenti, di cui si è trattato nel presente Capitolo, non s'eleva che appena il 6 o sia 7 miglia al più. Questo ritrovato dipende tutto da teorie sottili, e da maneggio delle facoltà matematiche; nè può esser inteso da chi non sia più che mediocremente avanzato in quegli studi. Per altro poco rileva conoscer l'altezza alla quale cominci il raggio di luce a piegarsi: quel che importa è sapere la somma totale dei piegamenti quand' egli arriva al nostr'occhio, val a dir quanta sia la differenza del sito vero degli astri a quello dove la refrazion ce li fa comparire, e c' inganna. Or questo ci lusinghiamo d'aver posto in chiaro bastentemente.

185. Resta da dir due parole della *refrazione astronomica terrestre.* I raggi di luce che, riflettuti da un oggetto terrestre lontano, per esempio, dalla cima d' un monte, vengono a portar la sua immagine delle nostre pupille, fanno questo cammino a poca distanza dalla superficie terrestre. L'attrazione della terra li tira in giù, mentre passano, continuamente; e però quelli che nel rimbalzar dal monte sono indiritti al nostr' occhio, ci giungono in vece ai piedi; e quelli che ci arrivan realmente negli occhi, son partiti dal monte con direzione a passarci sopra la testa. Descrivono dunque una curva al modo già detto per quelli vegnenti dagli astri, e non veggiamo il vertice del monte secondo la direzione dell'ultima piegatura che ha il raggio quand' entra negli occhi nostri. Anche gli oggetti terrestri ci appaiono dunque più alti di quel che sono. Quest'errore è insensibile nelle brevi distanze, ma cresce rapidamente quant' è più rimoto l'oggetto; poichè il raggio, facendo più strada, patisce più torcimenti; e come una rifrazione doppia produrrebbe error doppio se la distanza non si mutasse, lo genera quadruplo in una distanza doppia. Così la larghezza di due stecchi in un ventaglio è doppia di quella di un solo; ma la larghezza di due stecchi nella cima è maggior

quattro volte di quella d'un solo nel mezzo. Questo si appella variare come i quadrati delle distanze; e questa legge è avverata dal fatto, poichè alla lontananza di 3 miglia vediamo gli oggetti elevati d'un piede da quel che sono in realtà, alla distanza di 6 miglia l'errore è di piedi 4; di piedi 16 a 12 miglia; di 36 a 18; e così discorrendo. Ognì poco che un sappia d'aritmetica, si avvedrà che da 3 miglia a 18, per esempio, la distanza cresce 6 volte, e l'error della rifrazione 36 volte, cioè come il quadrato di 6: dacchè altro non è il quadrato in aritmetica se non se il prodotto di un numero moltiplicato con sè stesso.

186. Si scopre e determina la quantità della rifrazione terrestre nel modo che segue: Dicansi *A*, *B*, due punti della terra, l'un più elevato dall'altro, e distanti tra loro d'alquante miglia. Egli è indubitato che quanto il sito *A* è più alto del sito *B*, tanto il luogo *B* è più basso del luogo *A*. Se però, stando in *B*, si osservi cogl' istromenti l'altezza del punto *A*, bisogna che poi stando in *A* apparisca il punto *B* depresso di tanto quant'è l'elevazione già osservata del punto *A*; detratta la differenza che nascer dee dalla rotondità della terra. Ora questa eguaglianza tra l'elevazione da una parte e la depressione dall'altra, è quella che mai non si trova nelle distanze considerabili. Il divario dipende dalle due rifrazioni, e però manifesta e misura la quantità delle medesime.

187. Gli astronomi hanno bisogno delle osservazioni d'oggetti terrestri per ritrovare le dimensioni della terra (69, 70). Adunque è mestieri che purghino le altezze dei loro segnali dagli errori della rifrazione terrestre, e quindi importa che sia da essi ben conosciuta. Sono obbligati altresì di far uso della medesima per emendare le osservazioni degli astri, che da situazione elevata scoprono talvolta più bassi del livello orizzontale. Allora alla refrazione celeste si aggiugne eziandio la terrestre, e l'au-

mento è considerabile e rapido al crescer la depressione.

188. E fin qui ci pare d'aver soddisfatto a bastanza agli assunti presi (97), lasciando solo, per altro tempo, cioè quando si tratterà degli eclissi lunari, il parlar dell'ingrandimento dell'ombra prodotto dall'atmosfera terrestre.

CAPITOLO VIII.

Delle Meteore Astronomiche.

189. Sotto nome di *meteora* s'intende tutto ciò che apparisce od avviene nel regno dell'aria: nuvole, pioggè, tuoni, venti, grandine, ecc. *Meteore Astronomiche* denomino quelle che possono esser credute astri o parte di loro, e sono: aloni, parelj, paraselene, aurore boreali, stelle cadenti. Di ciascuna daremo contezza per ordine; e così compiremo quel che ci spettava dire intorno all'atmosfera terrestre.

190. *Alone* è quella corona luminosa, ora bianca, ora colorata a maniera d'iride, di cui qualche volta compariscono gli astri inghirlandati. Talora ve n'ha parecchie di queste corone una dopo l'altra a guisa degl' increspamenti circolari dell'acqua dopo gittatovi un sasso. Estendonsi or più or meno e talvolta a grande ampiezza. Si fatte corone non appartengono all'astro, da cui son rimotissime, ma sono mere apparenze della luce vibrata da quello, quando nel traversare la nostra atmosfera trova i vapori diposti attamente a produr tal fenomeno, il qual è tutto giuoco di rifrazioni e di riflessioni. Sappiam già dai Capitoli precedenti (142, 19), luce riflettuta in tal caso esser quella, la qual percuote di fianco i vapori e da essi è mandata al nostr'occhio, a similitudine di pallone rimbalzato da un muro; e luce rifratta esser l'altra che passa per mezzo ai vapori, e si frange o piega secondo la lor densità. Come poi

i raggi d'un colore si piegano più di quelli d'un altro, che è quanto dire i colori nella luce esser di peso diverso un dall'altro; quindi ne nasce la divisione e discernimento de' colori medesimi, riflettuti al nostr'occhio dopo la loro separazione. Niun' altra è la causa dell'arco celeste di tante scene brillanti e variate che le nubi ci presentan sul nascere o sul cader del sole.

191. Che gli aloni sieno nell'asmosfera e non nella regione dell'astro, è certissimo per molti argomenti. I più ovvi sono: 1.° Se l'alone fosse attenente all'astro, sarebbe veduto da tutti coloro che vedono l'astro, cioè dagli abitatori di mezzo globo terrestre; ma, al contrario, l'alone non si rende visibile che a pochissimo tratto di paese per due o tre miglia al più; 2.° Il vento rompe e disperde questa meteora; 3.° La imitiamo con l'arte, facendo alzare in fredda stagione il vapor d'acqua calda inframmezzo all'occhio e ad una candela accesa: presto la fiamma ci appare intorniata da una corona di vari colori.

192. *Parelio* è un falso sole, il qual comparisce talvolta vicino al vero. Quando i raggi di questo s'imbattono in vapori, assettati a riflettervi verso il nostr'occhio, in ordine e quantità sufficiente, come farebbe uno specchio, ci rappresentano, in quella parte onde vengono, l'immagine del sole. Qual è la ragione che i raggi solari, riverberati da un muro, non ci portano l'immagine di quell'astro, e riverberati da uno specchio ce la portan vivissima e somigliante, se non perchè la superficie del muro è assai scabra, onde i raggi vi rimbalzano su con direzioni diverse e disordinate, incrocicchiandosi e confondendosi in un punto medesimo della retina quelli d'una parte dell'oggetto con quelli d'un'altra; laddove uno specchio per la sua levigatezza li riflette ordinati e paralelli, per lo che l'immagine si scolpisce adeguatamente? Per la stessa ragione, nell'acqua e in un marmo, che parimente rifletton la luce

con ordine, veggiamo la nostra effigie; in un muro non la vediamo.

193. La medesima causa che rappresenta un parelio, ne figura talvolta parecchi in diversi siti; talchè fino sei ad un tempo sono stati osservati. La loro grandezza non è diversa da quella del vero sole, se non che ricevono ingrandimento per lo più da corone, ora bianche, ora colorate. Che sieno essi ancora mere apparenze e fantasmi dell' atmosfera, si prova: 1.° perchè son veduti da pochi entro angusto circuito di paese; 2.° perchè durano qualche ora al più; 3.° perchè non si scorgono mai quand' il cielo è perfettamente sereno, ma quand' è ingombro piuttosto di nebbiette, e per lo più nella stagione gelata; perchè finalmente s' è trovata la via d' imitarli con l' arte.

194. *Paraselène* è parola greca che significa *con la luna*, siccome *parelio* vuol dir *col sole*. Ella è un' immagine della luna che nasce come il parelio, ed alla quale si conviene tutto ciò che si è detto di quello.

195. Delle *aurore boreali* non saprei dar descrizione con parole più acconce al mio intento di quelle usate dal mio buon amico Leonardo *Salimbeni* in un suo manoscritto comunicatomi. « Quella luce « (dic' egli) che si ravvisa talvolta in cielo di notte « in una nube rara, trasparente, situata per lo più « a settentrione, vien detta *aurora boreale,* per certa « simiglianza che ha questo fenomeno coll' aurora « propriamente detta. Benchè siavi molta varietà nella « luce, nella grandezza, nella figura, nella posizione, « nella durata e nell' altre apparizioni dell' aurore « boreali; tuttavolta i principali capi, in cui tutte o « almen le più insigni convengono, sono comune« mente i seguenti:

196. « La nube luminosa si forma per lo più a « settentrione; pur non di rado si vede collocata « verso il levante o verso il ponente: è attaccata « sovente all' orizzonte e qualche volta da esso per « poco tratto disgiunta: ora è bianca; ora splende

« di vari colori, ed ora è fosca con una fascia sere-
« ziata nel margine superiore ed anche tutt' all' in-
« torno. Dalla parte di sopra sgorgano più o meno
« copiosi getti di luce, alle volte continui sì che sem-
« brano torrenti di luce, altre volte interrotti come
« quelli de' fuochi festivi. Accade talora che in luogo
« di questi getti, da diverse parti della nube come
« da altrettanti fori, escono con fragore alcune co-
« lonne luminose, ora con moto lento ed ora vibrate
« con gran velocità, che durano, 2, 3 e 4 minuti, e
« sono vagamente colorate e di varia lunghezza. S'è
« veduto qualche volta confluire nello stesso luogo
« molte di queste colonne, dividersi, penetrarsi, for-
« mare una nube densa che s' accende di poi con
« più veemenza di prima, e sparge un lume verde,
« ceruleo, porporino; quindi, fattasi bianca, prosegue
« a muoversi verso l'austro. È degno però di consi-
« derazione che la materia componente la nube del-
« l' aurora boreale è sì rara ch'essa non impedisce
« di vedere a traverso delle sopraddette colonne lu-
« minose e della fascia della nube, e qualche volta
« ancora a traverso della stessa sua parte fosca, le
« stelle di prima e seconda grandezza. Tali sono a
« un di presso i principali fenomeni che accompa-
« gnano le aurore boreali, le quali se nelle nostre
« regioni meridionali presentansi di rado a' nostri
« occhi, sono però più frequenti verso il settentrione,
« cosicchè nella Lapponia e negli altri paesi vicini
« al polo splendono quasi in tutte le notti. »

197. Da che traggano origine le aurore boreali non è ancora schiarito. Gli astronomi l'hanno fatta provincia loro, per averle alcun d'essi attribuite, seguendo il *Mairan*, all'atmosfera del sole, la qual venga talvolta ad azzuffarsi con la nostra, malgrado l'enorme distanza interposta. Ma non mi pare che questa ingegnosa congettura prenda vigore per consolidarsi. Conciossiachè (per non dir che una sola delle molte obbiezioni che soffre) l'atmosfera solare, come ne renderemo ragione a suo tempo, è configu-

rata a guisa di lancia o piramide, la quale in due tempi dell'anno soltanto ha la sua punta indrizzata ad avviluppare la terra. Dovrebbero dunque le aurore boreali aver luogo in que' tempi e sempre ed unicamente, delle quali due condizioni niuna s'avvera, mentre quel fenomeno non ha tempo o stagioni a cui sia circoscritto, ma anzi apparisce all' impensata, senz' alcun periodo nè legge ne' suoi ritorni.

198. La più parte de' fisici si riunisce a ravvisar nelle aurore boreali un fenomeno elettrico. Chi però se ne vale a un modo e chi all' altro, di questa maniera che oggidì è molto in voga in parecchie occorrenze; e i moderni chimici, ricchi d'aria, non mancano d'introdurvi, come ingredienti necessari, alcune specie di essa, sotto nomi troppo lontani dalla comun comprensione che fa il nostro scopo. Egli è vero che maneggiando con l'arte le scintille elettriche, si perviene ad imitar le apparenze dell'aurora boreale; ma come ciò non succede che in recipienti vôti d'aria, o pur non succede nelle tenebre, adoperando le specie aeree, volute da' chimici, ne viene che in questo secondo caso l'imitazione è mancante d'una condizione integrale; e nel primo porterebbe a inferire che le aurore boreali tenessero la lor sede fuori dell' atmosfera. Ma di questa illazione si potrebbe provare il contrario con molti argomenti, se non bastasser due soli; l'apparenza di nube e le detonazioni. Come nuvola, non può reggersi dove l'aria non la sostenga; come tonante, non può quel crepito che spesso accompagna le aurore boreali, esser da noi sentito senza che l'aria percossa ci porti nell'orecchio le sue ondulazioni.

199. Prudente cosa faremo adunque col ritenere per ora il consenso ad alcun sistema, aspettando che il tempo e l'irrequieta curiosità dell' umano ingegno scoprano meglio la vera causa delle aurore boreali.

200. Quanto alle *stelle cadenti*, diremo in due parole, che impropriamente si onorano col nome di *stelle*, quando sono fuochi che accendonsi per brevi

istanti nella nostr' atmosfera, e de' quali rinviensi la materia, spogliata d' ogni particola infiammabile, se ben si nota il luogo ove cadono spente al suolo.

CAPITOLO IX.

Delle Parallassi.

201. Una lampada appesa davanti all' altar principale, pare a sinistra a chi sta nella nave destra della chiesa, e pare a destra agli astanti dal manco lato. Cotesta disparità di giudizio tanto è maggiore, quanto più i riguardanti sono prossimi al lume e disgiunti un dall' altro; tanto minore, quanto più stan discosto dal lume ed accosto tra loro. Non altramente succede a chi mira il cielo: un astro apparisce in luogo diverso, a guardarlo da siti diversi del nostro globo. Nè questa illusione dee nascere solamente da lato, siccome l' esempio della lampada ci figura; ma ancor d' alto in basso; onde l' astro parrà più elevato agli abitatori della falda che non a quei della cima d' una montagna, a quel modo che i tetti delle case paion sublimi a coloro che son nella strada e depressi a chi monta sui campanili.

202. Le osservazioni che gli astronomi fanno, stanziati in diversi e rimoti punti della superficie terrestre, saranno dunque tutte discordi: ciascun d'essi vedrà fenomeni differenti; non vi avrà legame d' unità ne' loro referti, ed in ciò solamente concorderanno che saran tutti in errore. Imperciocchè se v' ha qualche astro, il qual giri d' intorno alla terra, vuol ragione che tal moto abbia relazione piuttosto al centro che a qualche estrema e lateral parte; e così dà ad intender lo stesso contrasto delle osservazioni fatte alla superficie. A poter compararle insieme, trarne un corpo di dottrina, edificare un sistema, scoprire la vera legge de' movimenti celesti, era dunque d' assoluta necessità ritrovare una correzione che, amministrata con relativa misura, valesse

a ridurle tutte, come fossero fatte da un punto solo; e da quell' unico che ha attenenza ai fenomeni, qual sarebbe il centro di qualche girazione. Concepirono pertanto gli astronomi l'ardita impresa di voler vedere gli andamenti degli astri da un luogo, ove stare ed andar non possono, dal centro della terra; ingegnoso imprezzabile trovamento che solo basterebbe ad immortalare Ipparco, poichè senza quello nessun costrutto potrebbe trarsi dalle astronomiche osservazioni, tutte fra lor dissonanti, come s'è detto. Ora la differenza del sito, ove pare esser l'astro, osservato da un punto della superficie terrestre, a quel sito ove scorgerebbesi da chi stesse nel centro della terra, si nomina *parallasse*. Questa però importa al sommo valutare e conoscere quanto più esattamente si può.

203. Se l'astro è allo *zenit*, egli è a perpendicolo sulla testa dell' osservatore; ma l'osservatore è sempre a perpendicolo sul centro della terra: dunque il centro, l'osservatore e l'astro sono in una linea medesima. Quindi l'astro, in tal caso, veduto dal centro o dalla superficie, deve apparire nella stessissima situazione. E però stabiliremo: *se l'astro è allo zenit, la parallasse è nulla.*

204. Per lo contrario, la maggior parallasse è l'orizzontale, cioè quando l'astro si leva o tramonta dall' orizzonte. A ciò intendere, immaginiamoci due corde ben tese, che partendo entrambe dall' astro, vengano, l'una a penetrare e annodarsi al centro della terra, l'altra a far capo alla mano, per non dir più rigorosamente all' occhio, dell' osservatore. Quando l'astro è allo *zenit,* le due corde si baciano tutt' al di lungo quant' è dall' astro all' osservatore: fanno le veci d'un piombino, che, calato dall' astro al centro della terra, passerebbe fra le braccia dell' osservatore, il qual cauto declinasse la testa ed il corpo per non impedirlo. Ma l'astro già non si ferma allo *zenit:* appena salito lassù, passa avanti, e discende, in virtù di quel moto, onde vediamo girarci

intorno ogni 24 ore il sole e le stelle tutte. A misura pertanto che l'astro si abbassa dallo *zenit*, le due corde si scostano ognora più l'una dall'altra, siccome avviene, se, piantati due aghi, ed a quelli raccomandati i due capi d'un filo, molto più lungo di quel che sia la distanza tra gli aghi, distendasi il filo con un terzo ago quanto si può. Si vedrà che ove gli aghi sien tutti tre in una linea, le due porzioni del filo che vanno dall'ago mobile a quello dei due stabili che gli è più vicino, si combaciano insieme: questo è il caso in cui l'astro, figurato dall'ago mobile, si trova allo *zenit*. Se poi mettasi in giro quest'ago, senza allentare il filo, le due tirate di questo si staccano tosto l'una dall'altra, allargandosi sempre più, finchè l'ago mobile compia la quarta parte del giro intero, e si trovi non più di fianco, ma dirimpetto agli altri due aghi. Le due corde adunque verranno a star più disgiunte allor quando l'astro toccherà l'orizzonte, poichè allora sarà distante dallo *zenit* d'una quarta parte appunto della circonferenza del cielo. Ma le due corde tengono luogo dei raggi visuali di due osservatori, che fossero l'uno al centro, l'altro alla superficie della terra. Questi raggi visuali saranno dunque il più disuniti quando l'astro sia nell'orizzonte; e però allora interviene il maggior divario nella situazione, in cui pare l'astro all'uno ed all'altro di que' due osservatori. *La parallasse orizzontale*, è, per conseguente, *la maggior parallasse*, siccome ci eravamo proposti di dimostrare.

205. Or si rifletta, che in conclusione la parallasse viene ad esser quell'angolo che fan le due corde nel centro dell'astro, o vero, tornando alla comparazione degli aghi, alla quale ognuno può dar la prova, quell'angolo o sia quella divergenza che tengono all'ago mobile le due porzioni del filo. Quest'angolo è nullo quando i tre aghi sono in una medesima linea; egli s'apre e si fa vie maggiore, quanto più l'ago mobile, dalla posizion laterale, per rispetto ai due fissi, va movendo verso quella di

fronte. La parallasse è dunque l'angolo, il qual vien costituito nel centro dell'astro dall'incrocicchiarsi de' raggi visuali che a due osservatori appartengono, l'uno stante alla superficie, l'altro supposto al centro della terra.

206. Come poi la posizione di essi è diversa, solamente dall'alto al basso, non già da man dritta o manca, perciocchè da ogni punto della superficie l'archipenzolo tende al centro; così ne segue, che il sito dell'astro alla vista loro dee parimente differire in altezza soltanto, non mai da lato nè pur d'un minimo che. Laonde si noti che l'effetto della parallasse non casca se non se sull'elevazione dell'astro dall'orizzonte; per lo che s'addimanda *parallasse d'altezza*, e consiste nella differenza dall'altezza apparente all'altezza vera dell'astro. *Apparente* s'intende quella che osserviamo stando alla superficie del globo, e questa è diversa per ogni osservatore diversamente situato. *Vera* dicesi quella, alla qual si riducono tutte le altre, cioè quella che sarebbe veduta dal centro della terra, se un osservatore potesse là collocarsi, e la massa terrestre fosse diafana per non impedirgli mirare il cielo a traverso di sè. Ma l'altezza apparente, per le cose dimostrate, è sempre più piccola della vera. Se dunque vogliamo, dopo osservata l'altezza d'un astro, saper quella che sarebbe stata, veduta nel medesimo istante dal centro della terra, non abbiam da far altro che aggiungere alla nostra osservazione la parallasse d'altezza. Di questa, per conseguente, è mestieri conoscere la giusta quantità.

207. A ciò basta scoprir quanta sia la maggior parallasse, cioè la parallasse orizzontale d'un astro. Determinata questa, il trovar poi la quantità della parallasse ad ogni diversa altezza dell'astro dall'orizzonte, è faccenda di lieve computo. A buon conto ognun puote aver già compreso che la parallasse va scemando via sempre, quanto più l'astro s'alza dall'orizzonte; comechè non regni una proporzione positiva tra lo sminuir della parallasse ed il crescer

dell' altezza. Per esempio, quando l'astro è alto 45 gradi, cioè a mezza elevazione dall' orizzonte allo *zenit*, la parallasse d'altezza non è già la metà della parallasse orizzontale, ma va ai sette decimi circa, cioè quasi ai tre quarti. Riducesi alla metà, solamente quando l'astro sia alto gradi 60, che sono i due terzi del viaggio d'elevazione dall'orizzonte allo *zenit*. V' ha una regola matematica infallibile, mediante la quale, essendo data la parallasse orizzontale, e l' altezza apparente d'un astro, si trova con due tratti di penna la quantità precisa della parallasse di altezza. Ma quella regola non può essere capita da chi non abbia studiato trigonometria.

208. Resta dunque da esporre i modi con che si perviene a determinare la parallasse orizzontale di un astro. Questa cognizione porta con sè due vantaggi inestimabili. L'uno è già detto, quello di rendere comparabili insieme le osservazioni fatte in luoghi diversi. L' altro, che la parallasse è la chiave del gran segreto, il qual sembra al comune degli uomini impenetrabile, delle stanze degli astri. Con quella esattezza, con cui ci riesca stabilire la quantità della parallasse di un astro, con altrettenta sicurezza se ne inferisce la sua lontananza dalla terra. Gioverà far vedere immantinente quanto sia stretto questo legame.

209. Senza tornare alla lampada, onde prese principio questo capitolo, piacemi dichiararlo così. Due persone sedute sur un canapè hanno un tavolino dinanzi con un candelliere. La donna, che sta nella destra, mira la fiamma risponder dirittamente sul lato sinistro del muro opposto. L' uomo all'incontro la vede battere sulla parte destra della stessa parete. Facciasi misurare sul muro quel tratto che si interpone tra le dee visioni, e poniamo che sia di sei braccia. Poi si mandi il tavolino nel mezzo della stanza, allor l'intervallo de' raggi visuali, che passano per il lume, sarà sulla muraglia più assai corto di prima; sarà d'intorno a tre braccia. Or chiamiam

parallasse il divario di quelle visioni; chè parallasse non è altra cosa, se ben ci ricorda, che differenza di luogo, in cui vedon l'oggetto i riguardanti in diverso sito locati. Ugnun tosto ne inferirà, che quanto l'oggetto è più lontano dagli osservatori, tanto è minore la parallasse; il che in linguaggio scientifico s'esprime così: *la parallasse è in ragion inversa dalla distanza;* e dicesi inversa, perchè procede all' inverso, celando la parallasse a misura che la distanza cresce.

210. Tal cognazione sì stretta tra la parallasse e la distanza è cagione che non si possa venire in cognizione dell' una senza scoprire anche l'altra. Abbiamo veduto (69) che quando s'è misurata la distanza tra due luoghi terrestri, la qual nomasi *base,* si può arrivare, senza partir da quella, a conoscer la lontananza di que' luoghi da ogni altro che quindi scorgasi. Imperocchè, detti *A*, *B*, i punti estremi della base, *L* il terzo del qual si cerca quanto sia lungi da ognun di quelli, si misura cogli strumenti che abbiam già divisati, l'angolo che fanno in *A* i due raggi visuali diretti in *B* e in *L*; e parimente l'angolo che fanno in *B* i raggi visuali indiritti in *A* e in *L*. Allor dalla cognizione di questi due angoli e della lunghezza della base, si ricava per computo infallibile quanta sia la lontananza dell'oggetto *L* da ognuno de' due luoghi *A* e *B*. Non altrimente si procede alla grande scoperta della parallasse e delle distanze degli astri.

211. S' intendano due osservatori antipodi l' uno all' altro; di maniera che se dai piedi dell' uno si traforasse la terra per lo mezzo, s' andasse ad incontrare i piedi dell' altro. In tal caso l'intervallo che li separa, sarebbe un diametro della terra, la lunghezza del quale vedemmo (89) esser ottimamente conosciuta. Può essa dunque servir di base, dalle cui estremità ambi gli astronomi rimirando un astro nello stesso istante, e misurando ciascuno d'essi l'angolo che fa colla base il proprio raggio visuale

indiritto all'astro, avranno quanto bisogna per inferirne la lontananza da loro dell'astro medesimo, con quella stessa sicurezza di calcolo con cui si determinano le distanze terrestre. La cognizione degli accennati due angoli sulla base svela immediatamente la grandezza del terzo angolo, che è quello il qual vien costituito dai raggi visuali che s'incrocicchiano nel centro dell'astro. Quest'angolo nel caso presente è il doppio della parallasse, essendo composto dalla somma delle parallassi de' due astronomi per rispetto al centro della terra. Ecco pertanto, come le stesse operazioni conducono a conoscer la parallasse e la distanza degli astri. Se non che questo metodo, il più certo d'ogni altro, è quasi impossibile da mettere in pratica, per la somma difficoltà di collocare due osservatori perfettamente antipodi. Si è dunque dovuto studiare altri espedienti. Di due solamente, tra i vari mezzi adoprati, si può dar contezza a chi non sia ben istrutto de' termini tecnici dell'astronomia e del maneggio de' suoi ordigni.

212. L'uno ha luogo nel caso di due osservatori, se non antipodi, almen situati il più lungi che sia possibile l'un dall'altro. Quant'è maggiore l'intervallo che li separa, tant'è minore la sproporzione tra questa distanza e quella sommamente più grande da loro infino all'astro; e quindi si può dalla prima inferir la seconda più esattamente. Siccome ogni astronomo sa molto bene in qual punto della terra ei si trova, e gli sono pur note tutte le dimensioni della medesima, secondo che s'è veduto nel cap. IV, così ne segue doversi poter valutare e conoscere ottimamente la lontananza che regna tra i due osservatori, per linea retta. Questa linea, ch'è un diametro, quando gli astronomi sono antipodi, si denomina corda della sfera o del globo terrestre, quando sono situati in due qualunque altri punti. Quella corda serve parimente di base alle loro operazioni, e tutto si fa come nel primo caso, e si arriva egualmente a determinare la parallasse e la distanza dell'astro.

Che se le osservazioni non sieno a puntino contemporanee, riducesi l'una allo stesso momento dell'altra, mediante la cognizione del moto dell'astro nell'intervallo tra le osservazioni medesime.

213. Ma v'è un altro mezzo per riconoscer la parallasse, ed ha l'avvantaggio che può adoperarsi da un astronomo solo senza aiuto di altri. Questo mezzo è di quella sorta che ci ha servito a determinare la refrazione (163). Osservando un astro, quando passa dallo *zenit*, dove s'è visto esser nulla la parallasse, si stabilisce il vero luogo ch'egli occupa nel cielo. Osservando l'astro medesimo all'orizzonte, ov'ei soffre la massima parallasse, si nota il falso luogo nel qual lo miriamo per causa di quella. Paragonando insieme queste osservazioni, la differenza dall'una all'altra è la quantità della parallasse.

214. Questo sarebbe il metodo più agevole, se usar si potesse con tutti gli astri. Ma quando la parallasse è piccola, si può fallare del doppio, del triplo, ecc., in determinarla, a cagione degli errorucci che sono inevitabili nelle osservazioni. E però quel modo non torna bene altro che pel nostro satellite, la cui parallasse è talmente grande, chè lo veggiamo più basso quasi due lune di quel che sarebbe veduto dal centro della terra.

215. La parallasse della luna, siccome elemento importantissimo delle astronomiche cognizioni, è stata investigata con somme fatiche, indicibile diligenza, ed osservazioni senza numero, per tutti i metodi immaginabili, a fine di ritrarre da strade diverse, e da moltitudine d'operazioni, un risultamento medio più sicuro. Le difficoltà dell'impresa s'accrescono immensamente da che il nostro satellite, lungi d'osservare la stessa distanza, girandoci intorno, or s'allontana, or s'appressa, con divario notabilissimo; laonde la parallasse, siccome legata alla distanza, convien che seguiti lo stesso tenore variando mai sempre. Or come farebbe rassomigliante il ritratto quel dipintore, sotto gli occhi del quale scambiasse

grandezza l'originale continuamente? Ma la perseveranza virile degli astronomi ha superato l'instabilità della luna, sicchè a forza di perseguirla in tutti i suoi divagamenti, venner di questi a scoprire i confini estremi. Trovarono dunque, che quando ci vien più vicino che il può, allora la parallasse orizzontale monta a minuti 61, secondi 29; e quando le riesce toccare l'ultimo segno di sua lontananza, la parallasse, la qual procede in ragione inversa (209), diviene minuti 53, secondi 50. Tanta è omai la concordia e la copia delle osservazioni, che in nessuna di queste valutazioni rimane incertezza nè pure di 4 secondi. Bensì per intendere il significato di que' minuti della parallasse, basterà sapere ch'ella equivale a undici volte la sesta parte del diametro della luna; laonde quest'astro nell'orizzonte ci appare più basso di quel che il vedremmo dal centro della terra, per lo valsente d'una luna e cinque sesti.

216. Or ci avanza da esaminare un'altra irregolarità della parallasse, la qual dipende dalla figura sferoidale del nostro globo. Ci siamo convinti (Cap. III) ch'esso è rilevato verso l'equatore e compresso verso i poli. La distanza dell'osservatore dal centro della terra è dunque maggior nella parti equatoriali che nelle polari. Ma la parallasse è figlia di quella distanza: v'è dunque un aumento di parallasse quanto più presso alla linea è stanziato l'astronomo. Questo aumento per altro, siccome tenue, non si rende sensibile in altre parallassi che in quella della luna: facciamoci a valutarlo.

217. S'è trovato (87) la distanza dalla superficie al centro della terra esser miglia 3443 1/2 all'equatore, 3432 al polo. La differenza consiste in miglia 11 1/2; la medesima relazione deve passar nella parallasse. Il medio aritmetico fra le quantità della minima e della massima, riportate sopra, essendo min. 57, secondi 59, che a 60 secondi per minuto vengono a stare secondi 3459, manifesta cosa è, che ad ogni miglio della distanza dal centro risponde

appresso a poco un minuto secondo di parallasse. Dunque il divario di miglia 11 1/2 dal raggio terrestre equatoriale al raggio polare produrrà 11 1/2 secondi circa di differenza tra le due parallassi correspettive. Di fatto la parallasse minima importa al polo minuti 63, secondi 44; all' equatore minuti 53, secondi 55: così la massima monta al polo a minuti 61, secondi 23; all' equatore a minuti 61, secondi 55.

218. Ai paesi intermedi fra il polo e l' equatore spettano le quantità intermedie: laonde le parallassi, 53 min. 50 secondi, 61 min. 29 secondi, che abbiamo annunziato da prima (215) sono quelle che corrispondono alla latitudine di 45 gradi, la qual tiene il mezzo tra il polo e l' equatore.

219. Detto quant' era mestieri della lunar parallasse, conviene far passaggio a quella del sole; la più importante di tutte, poichè la distanza nostra da lui serve di scala per giugnere al conoscimento delle lontananze degli altri corpi celesti. Questa parallasse è sì piccola, che non monta ai 9 minuti secondi, e però bisognarono venti secoli d' incessabili indagazioni, da Aristarco in qua, per arrivare a discernerla in guisa, che oramai l' incertezza non passa la decima parte d' un minuto secondo. Le immense fatiche, i viaggi, le osservazioni e i calcoli, che costò il rintracciar questa base del sistema celeste, mal si potrebbero nè tampoco accennare con brevità. Ci verrà il destro di darne un saggio, allorchè tratteremo de' passaggi di Venere davanti al sole, quegli essendo il fenomeno principalissimo che si rileva e rende sensibili le più minute frazioni della solar parallasse.

220. Tutta la lite che pende fra gli astronomi, intorno alla quantità di questo essenzialissimo elemento, verte sopra due decimi di minuto secondo, che tanto viene a stare come a un di presso la millesima parte del diametro solare; quantità che sfugge ai più fini e gagliardi strumenti, e che solo si può assoggettare ai nostri sensi per industria

d'ingegno. Altri dunque stabiliscono la parallasse solare di 8 secondi, 6 decimi; altri 8 secondi, 8 decimi. Noi pertanto pigliando il mezzo, e adottandola di 8 secondi, 7 decimi, avremo una moral certezza di non errare dal vero per più d'un decimo di secondo.

221. Determinata la parallasse della luna e del sole, passeremo tosto ad inferirne le loro distanze della terra, non giovandoci definire per ora le paralassi d'altri astri le quali sono o insensibili, o indipendenti, per una certa relazion necessaria, da quella del sole.

CAPITOLO X.

Delle Distanze della Luna e del Sole dalla Terra.

222. Quando s'è determinata per osservazione la parallasse d'un astro, il trovar quanta sia la distanza è faccenda di puro computo. Questo poi è fondato sopra regole di geometria tanto certe, che non v'è luogo ad errare d'un ette. Veduto pertanto (218) esser la parallasse minima della luna minuti 53, secondi 30; calcolando debitamente, rinviensi che la maggior lontananza del nostro satellite (s'intende sempre dal centro della terra) va a miglia 219564. D'altra parte, la parallasse massima essendo minuti 61, secondi 29, ne segue la maggior vicinanza della luna ristrignersi a miglia 192214. Pigliando il mezzo tra le due quantità, la distanza mezzana consiste in miglia 205889; e di questa si ragiona ordinariamente. Diremo dunque in generale, ed in numero rotondo, che *la luna è lontana dalla terra dugentosei mila miglia.*

223. La parallasse corrispondente alla distanza mezzana sarebbe del pari la quantità di mezzo tra le parallassi massima e minima se regnasse la proporzione diretta fra le distanze e le parallassi; cioè

se la parallasse maggiore si combinasse con la distanza maggiore, la minore con la minore; ma essendosi dimostrato la proporzione essere inversa, onde la parallasse maggior s' accompagna con la distanza minore, la minore con la maggiore, perciò la parallasse, che risponde alla distanza mezzana monta minuti 57, secondi 24, non già a minuti 57, secondi 39 1/2, qual sarebbe il mezzo aritmetico tra le due parallassi estreme. E vaglia il vero: instituiscasi la regola del tre come segue: se la distanza 219364 produce di parallasse minuti 53, secondi 50, che vaglion secondi 3230, quel paralasse proverrà dalla distanza 205889? Trattandosi di proporzione inversa, il computo deve farsi così; Moltiplicare 219364 con 3230, e dividere il prodotto per 105889; sorgerà il quoziente 3444, che vale appunto minuti 57, secondi 24.

224. Or passiamo ad esaminare, se nelle rinvenute distanze della luna accada qualche incertezza, e di che momento. Il calcolo, siccome ho detto, è di per sè infallibile, se poi i dati, che a farlo s' adoprano, sieno contaminati d' alcuna occulta magagna, allora la distanza ne patirà in proporzione. Sono eglino il raggio della terra, e la parallasse della luna. La lunghezza del primo è sì ben conosciuta, come vedemmo (88 e 89), che appena rimane, a dir assai, l' incertezza d' un miglio: nella parallasse poi s' è veduto (215) non potersi dubitar tutt' al più, che di 4 secondi. Ora il raggio della terra 3438 miglia sta 60 volte nella distanza della luna 206 mila miglia. Un miglio d' errore nel primo genererebbe dunque nella seconda l' error di 60 miglia. Similmente i 4 secondi, di più o di meno, nella parallasse essendo l' ottocensessantunesima parte di essa, come si trova partendo 3444 per 4, l' errore che porterebbero nella distanza della luna sarebbe per conseguente l' ottocensessantunesima parte della distanza medesima. Si divida 206 mila per 861, e si ritrarrà 239. È dunque 239 miglia il massimo error che può nascer nella distanza, per colpa di quello

nella parallasse. Accoppiando i due errori, la somma andrebbe a 299 miglia. Diremo pertanto che, a metter tutto alla peggio, l' error che vi può essere nella distanza della luna, qual ci è conosciuta oggidì, non eccede infallibilmente 300 miglia.

225. Questo dubbio è ben tenue al confronto d' un intervallo di 206 mila miglia: esso ne è la secentottantasettesima parte; laonde equivale all'errore di un miglio in 68. Beati noi, se le lontananze terrestri da un paese all' altro ci fossero note senz'altro errore che questo! Son ben poche finora quelle che godano di tal vanto. Si può dir, per esempio, che avanti nove anni fa, si conosceva assai volte meglio la distanza della luna dalla terra, che non quella di Verona da Londra, Parigi e altrettali luoghi di posizion ben sicura (veggasi il tomo V della *Società Italiana,* pag. 77).

226. Fu già tempo in cui gl'Indiani credettero, e credono forse ancora, esser la luna più lontana del del sole, mossi per avventura dal concetto che il corpo che più riscalda sia il più vicino. Noi abbiamo perfetta certezza che il sole è discosto niente men che da circa 396 volte di più. Di fatto, se la parallasse del sole è di otto secondi, sette decimi, ella è 396 volte più piccola di quella della luna, 3444 secondi. E come le parallassi stanno tra loro in ragione inversa delle distanze, ne segue che la distanza del sole debb' essere 396 volte maggiore. Si moltiplichi dunque per 396 la distanza mezzana della luna 205889, e si troverà che il *sole è lontan dalla terra* 81 1/2 *milioni di miglia.* Se si vuole questa distanza esattissima, cioè quale ricavasi dalle regole geometriche, e dai numeri presi con le lor più minute frazioni, fa d' uopo aggiungervi da 5460 miglia.

227. Importa al presente indagare qual errore possa esservi nell' or definita distanza del sole, conciossiachè servir debba di misura comune, per le altre lontananze de' corpi celesti. Gli elementi

che s' usano a rintracciarla, sono, a simiglianza del calcolo per la luna, il raggio della terra e la parallasse del sole. Siccome il raggio 3438 sta 23700 volte nella distanza 81 1/2 milioni, perciò l' incertezza d' un miglio nel raggio terrestre ne produce una di 23700 nella lontananza del sole.

228. Grandemente maggiore è il divario che nasce da quella decima parte di minuto secondo, la qual resta dubbia nella solar parallasse, secondo che s' è dichiarato nel precedente capitolo (220). Quella minimissima quantità, quel dumillesimo del diametro solare, impercettibile ai più gagliardi strumenti, quel nonnulla rileva in questo caso verso ad un milione di miglia. Imperocchè un decimo di secondo essendo l' ottantasettesima parte della parallasse, 8 secondi, 7 decimi, l' error d' un decimo nella parallasse dee generare l' errore d' un ottantasettesimo nella distanza. Ora l' ottantasettesimo d' 81 1/2 milioni ascende a 937 mila miglia. Aggiungansi le 23 mila dipendenti dall' errore nel raggio. L' incertezza totale monterà a miglia 960 mila. Diciamo un milione, per dare tutti i vantaggi a chi titubasse. Le nostre cognizioni d' intorno alla distanza del sole dalla terra saranno dunque racchiuse dentro due limiti indubitati : nè minore d' 80 1/2 milioni di miglia, nè maggiore d' 82 1/2.

229. Cotal dubbiezza sorpassa, a dir vero, ben otto volte quella che regna nella distanza della luna. Ma quanto non si ha nondimeno di che gloriarci, volgendoci ai secoli trasandati ! Pitagora collocava il sole tre volte più in là della luna ; Aristarco lo spinse a diciannove, e Plinio il ritrasse a dodici. Passarono diciannove secoli dopo Aristarco, avanti che si sapesse di meglio. E che son le dugento mila miglia, che alla distanza solare da lui determinata aggiunse Tolomeo ? quando, massime il gran Copernico l' immortal fondatore del moderno sistema, tanto tempo dopo fece peggio di lui, tirando il sole più in qua ? In conclusione, non sono che 125 anni-

passati, da che col favore d'osservazioni più fine, e di metodi più industriosi, si potè fare d'un tratto solo l'enorme sbalzo dai 4 ai 70 milioni di miglia. L'esser poi oggi ridotti alla sicurezza di non errare che d'un milione tutt'al più, può dunque formare a buon dritto, non che la gloria, ma il trionfo de' moderni astronomi. Sì fatto errore sur un intervallo d'ottantun milioni equivale all'errore d'un miglio sopra ottantuno. Or come, per non essere in Venezia un osservatorio astronomico, non lice vantarci ancora di saper la distanza in linea retta da Verona a quella metropoli tanto bene, da non fallare d'un miglio, perciò possiamo legittimamente inferire, la lontananza del sole dalla terra esser meglio conosciuta di quella che v'è da Verona a Venezia. E a questa guisa, senza sforzi d'intelletto, ognun può toccar con mano quanto sieno maravigliosi gli avanzamenti delle astromiche scoperte.

230. Resta per ultimo che si renda palpabile, a così dire, l'immensità dello spazio che s'interpone fra il sole e la terra, conciossiachè il pronunziare 81 1/2 milioni di miglia così in un attimo non basta forse a fermar la mente in un'idea adeguata di tanto intervallo. Se una palla di cannone, la qual si computa correre verso a dugento pertiche in un minuto secondo, cioè intanto che il polso fa una battuta, seguitasse a muoversi in linea retta, senza perder mai della sua velocità, questa palla ferebbe 768 miglia per ora, 18240 per giorno; e pur le bisognerebbero poco meno di 13 anni per giugnere dalla terra al sole.

CAPITOLO XI

Delle Dimensioni della Luna e del Sole.

231. Qualunque volta ci è nota la nostra distanza da un corpo, facilmente arriviamo a determinare le dimensioni di quello. Ognun sa che gli oggetti tutti cadenti sotto il senso della vista, tanto appaion

più piccoli quanto son più remoti. Or questa diminuzione apparente è appunto proporzionale all' aumento della distanza. In guisa che (incominciando da una discreta lontananza, qual la diveseremo or ora) se la distanza si duplica la grandezza apparente del corpo si dimezza; se la prima si triplica, la seconda diviene tre volte minore; e così successivamente. Sol fa d' uopo notare, che per *grandezza*, non s' intende già qui il volume del corpo, o vero lo spazio da esso occupato, ma bensì la lunghezza o la larghezza, od altro qualunque de' suoi diametri, per qual verso si voglia, dirimpetto all' osservatore. Si può poi stabilire a cento volte maggiore del diametro la *discreta* lontananza, dove principia ad avverarsi, senza error di vaglia, la legge dello scemamento apparente nel diametro in proporzione all' aumento reale della distanza. Nelle lontananze minori, la variazione apparente del diametro non è tanta quanta vuol quella legge. Si fatte verità si dismostrano ad evidenza per via di figure geometriche, delle quali non possiamo giovarci in questo Trattato, il cui scopo si è appunto di far conoscere possibilmente l' astronomia a chi non sappia di matematica.

232. Ma, per suggerir qualche esperimento comunale, se alcun lettore ne avesse vaghezza: Sia una fuga di camere, che abbiano gli usci egualmente larghi, equidistanti un dall' altro successivamente, e situati per dirittura siccome il buon gusto richiede; e fatta chiudere mezza l' imposta d' uno il qual non sia l' ultimo, se lo sperimentatore si metta nel punto conveniente sul limitare opposto in quella stanza, e miri nella mezza apertura già detta, scorgerà tutto intero l' uscio che sta dopo quello, talchè le larghezze coincideranno perfettamente, cioè quella intera dell' uscio posteriore o secondo, sarà, nell' occhio del riguardante, del tutto eguale, alla mezza dell' anteriore. Ma tanto l' apertura in larghezza, quanto la distanza dal scondo uscio all' osservatore, son doppie di quelle del primo: è dunque

vero, che a doppia distanza le dimensioni degli oggetti appaiono diminuite della metà. Questa sì fatta esperienza degli usci è esattissima, per quanto sien brevi le distanze; ma l'eccezion circa queste, che ho fatto sopra, viene a ciò: Che non movendosi da quel sito il riguardante, e fatta serrar anche l'altra mezza imposta, l'immagine delle due mezze, quantunque ugualissime, non è doppia nell'occhio suo dell'immagine d'una sola. Questo però non può intendersi da chi non abbia apparato un po' d'ottica e di geometria.

233. Ciò che avviene in larghezza, succede parimente in altezza; ma per vederlo in esperienza è mestieri che sia sbarrata mezza l'altezza della mezza imposta aperta, e che lo sperimentatore s'innalzi o s'abbassi in modo che i centri di quell'apertura e dell'intera che segue, facciano una linea sola con la pupilla di lui. Senza darsi briga per determinare il sito de' centri, presto tentando ritroverà a quale elevazione dee porsi con l'occhio perchè coincidano affatto le immagini delle due altezze degli usci, l'intera e la mezza.

234. Similmente, se si piglino due piatti, i cui diametri sieno, a cagion d'esempio, un triplo dell'altro, e si assettino ritti in guisa che il nostro raggio visuale infilzi, se trapassar si potesse i loro centri, ed il piatto maggiore ci sia discosto tre volte più del minore: questo in tal caso coprirà l'altro esattamente. Secondo i quali principj avvien pure che se altri porti un piatto innanzi indietro, sinchè ci nasconda a un puntino, nè più nè meno, la mostra o quadrante d'un orologio da torre, tante volte sarà maggiore il diametro della mostra di quello del piatto, quante volte è maggior la distanza dell'occhio dall'orologio, che non dal piatto. Se dunque sia nota la lontananza dall'occhio dell'orologio, con due tratti di penna si rinverrà, mediante la regola del tre, quanto sia lungo il diametro del quadrante.

235. Or qual differenza v'ha per così fatto speri-

mento, dalla mostra d'un orologio al disco del sole e della luna? Mettiamo un piatto, o, se se vuolsi, anche il fondo d'una gran botte, a distanza tale dall'occhio nostro che ne venga coperto di puntino l'un di que' corpi celesti; tal correrà proporzione tra i diametri, quale tra le distanze. Del tavolaccio, ovver fondo di botte, possiam misurar così agevolmente il diametro, come la lontananza dall'occhio. Le distanze del sole e della luna ci son già palesi dal Capitolo precedente: Diremo dunque: quante volte lo spazio dal tavolaccio a noi è minore di quello dal sole o dalla luna, tante volte sarà minore il diametro del tavolaccio di quello del sole o della luna.

236. È mirabile invero, come ad esperimenti e paragoni così dozzinali e palmari non giugnesse l'ingegno di que' filosofanti dell'antichità, che hanno empito l'universo del loro nome. Epicuro credeva, qual farebbe ogni donnicciuola, che il sole e la luna non sono realmente più grandi di quel che ci appaiono. E Lucrezio s'è abbassato a segno d'immortalar queste melensaggini. Tanto valeva che riportasse i sogni e le prime infantili inezie di quei sapienti.

237. Il diametro della luna, misurato cogli strumenti astronomici allora quando ella sta alla distanza mezzana dalla terra, è minuti 31, secondi 19, che a 60 secondi per minuto vengono a stare 1879 secondi. Ora ogni circonferenza di cerchio (66) dividesi in un milione dugento novantaseimila secondi. Questo numero poi contiene 690 volte il 1879. Adunque il diametro della luna 31 minuti, 19 secondi vuol dire, tanta esser la latitudine di lei, che a quella distanza ci vorrebber 690 lune, ordinate accanto una all'altra circolarmente a formare un anello, di cui la terra occuperebbe il centro.

238. Se alla distanza di mille piedi, o più precisamente di 988, si erige un tavolaccio di 9 piedi di diametro, i raggi visuali che lo pigliano in mezzo, hanno nell'occhio nostro una divergenza, o

sia fannovi un angolo di 31 minuti, 19 secondi; di maniera che supponendo eretti, a quella distanza, tutt' all' intorno da noi, 690 di que' tavolacci eguali, che si toccasser l'un l'altro, formerebbero un chiuso circolare. Qualunque di cotesti tavolacci, opposto alla luna che si leva o tramonta, la coprirà esattamente, nè più nè meno, quando però la distanza di essa da noi in quel momento sia la mezzana. Si farà dunque la regola del tre: se alla distanza di 988 piedi il tavolaccio, che adegua la grandezza apparente della luna, ha 9 piedi di diametro, alla distanza di miglia 205889 quante miglia di diametro avrà la luna? E così si rinviene esser questo di miglia 1875 1/2, cioè poco più della quarta parte del diametro della terra, che abbiam trovato (88) esser miglia 6875 1/2.

239. Supponendo la luna perfettamente rotonda (alla qual figura grandemente s' accosta poichè lo svario che le teorie ci dinotano, sfugge finora ai più squisiti strumenti), chiunque sappia di geometria, dalla cognizione del diametro ritrarrà, esser la circonferenza della luna 5892 miglia, la superficie del corpo lunare undici milioni di miglia quadrate, e la sua solidità o sia volume, 3455 dadi di cento miglia per ogni lato; de' quali dadi volendoci 170 mila (90) a formare il nostro globo, ne segue volerci lune 49 1/5 a compor la massa terrestre; ovvero in numero rotondo, esser la terra 50 volte circa maggiore della luna.

240. Come poi la superficie terrestre comprende 148 milioni di miglia quadrate (90), così supera 13 1/2 volte quella della luna. E perciò mezza la superficie terrestre, qual si rimira dagli abitatori della luna, se ve ne sono, è maggiore 13 1/2 volte della mezza superficie lunare che noi rimiriamo. Magnifico tavolaccio sarà pertanto la terra, a vederlasi dalla luna. Ve' qual sarà lo splendore del nostro globo, poichè rimanda alla luna quasi 14 volte più luce di quel che vibri la luna verso di noi! Che la terra poi rifletta

i raggi del sole, a quel modo che fa la luna per esser vista da noi, non sarà, credo, alcuno che dubiti, il qual ponga mente, come una montagna, un campanile ci fan vedere i raggi del sole anche prima ch' e' sia levato.

241. Or, passando a determinar col metodo stesso le dimensioni del sole, cominceremo dal riferire, che il diametro suo, misurato dagli astronomi, abbraccia 31 minuti, 56 secondi, o sia 1916 secondi; sì che ci vorrebbero (237) 676. Soli per formare, a quella distanza dove sta il sole, un anello d'intorno alla terra. Il tavolaccio di 9 piedi dovrebbe situarsi a 969 di lontananza dall'osservatore, perchè occultasse, nè più nè meno il disco solare; imperocchè ci vorrebbero appunto 676 tavolacci di 9 piedi, per comporre un anello alla detta lontananza. Or, fatta la regola del tre come sopra, se alla distanza di 969 piedi il tavolaccio, che uguaglia la grandezza apparente del sole, ha 9 piedi di diametro, alla distanza di milioni 81 1/2 di miglia, quante miglia avrà il sole di diametro? Si rinviene 757 mila; che eccede 110 volte di diametro della terra.

242. Dividendo 1916 per 110 risulta, che questo diametro, visto dal sole, abbraccia 17 secondi circa: laonde se mai vi fossero abitatori in quel gran luminare, comparirebbe ad essi la terra come una stella, cioè qual comparisce a' nostr'occhi il pianeta Venere, il bell'astro de' pastori. La luna poi non potrebbe scorgersi dagli abitanti del sole altro che col cannocchiale, quando la vista loro non fosse più acuta della nostra.

243. Dal diametro solare di 757 mila miglia si deduce: montar la circonferenza di quel gran corpo a 2 milioni 370 mila 512 miglia; la superficie occupare 180 milioni di spazi di 100 miglia quadrate l'uno, vale a dir superare 12100 volte la superficie terrestre, e la solidità o sia volume del sole, comprender 227 mila milioni di dadi da 100 miglia di lato, per il che farebbe mestieri (90) un milione 331 mila

globi terrestri a costituire il corpo del sole. Immensa cosa, a dir vero, e che opprime di stupore l'umana mente! Che sterminata creatura è cotesta mai! Tutti i pianeti con i loro satelliti aggomitolati insieme agguagliano appena una secentesima particella di quella gran mole. Sarebbe poi maraviglia, se da secoli e secoli profondesse luce e calore senza dar segno di venir meno?

244. A ragione pertanto il diremo prescelto e denominato, qual tabernacolo e trono dell'Altissimo. A giudizio de' sensi nostri è maggiore d'ogni creatura, anzi, *unico come Dio*, travalica i cieli a passi di gigante, irraggia l'universo di luce, e vivifica tutto col suo calore; tanto ch'ei giunge a rapire gl'incensi al suo Facitore, e questi a nomarsi Grande per averlo fatto. Ogni giorno *esce in gala come giovane sposo dal nuzial talamo. In quel momento il suo chiarore e la sua pompa abbondano di dolcezza. Ogni cosa al suo arrivo gli applaude. Tutti gli sguardi si volgano verso di lui: e per ricevere i primi saluti, egli si rende accessibile a tutti gli occhi* (Spettacolo della Natura, tomo VII, Trattenimento VI).

CAPITOLO XII.

Della Rotazione del Sole e della Luna.

245. Il sole e la luna girano intorno sè stessi incessantemente, a quel modo, per esempio, che muovesi un arcolaio od una ruota da mulino. Gira intorno di sè anche una ruota da carrozza, ma girando si trasferisce da luogo a luogo; il che fa due moti diversi benchè simultanei. All'incontro la ruota da mulino gira, nè cangia sito; e questo è il moto unico, al qual si dà il nome di *rotazione*, e del quale intendo parlare in questo capitolo, relativamente al sole ed alla luna.

246. E primieramente è certissimo ch'essi volgonsi a quella guisa; tanto che si può ben dubitare,

se il sole sia rovente e luminoso (come vedrassi allorchè parleremo di sua natura); ma non può dubitarsi ch' egli non ruoti intorno di sè. La medesima sicurezza si avvera per rispetto alla luna. Ed eccone tosto le prove indubitate.

247. Mettiamoci a tal distanza da una ruota da molino che l' occhio non vaglia a discernere s' ella giri o stia ferma. Poi si faccia vestire una porzione della circonferenza con panni od altra materia di color vivo, tanto che possiamo distinguerla bene dal rimanente. Allor se vedremo quella porzione non dar segno alcuno di muoversi, diremo: La ruota è ferma. Ma se vedremo quella porzione andare attorno, sparire, ricomparire, e così periodicamente saremo certissimi che la ruota gira e non potremo dubitarne assolutamente.

248. Se dunque vi fosser nel sole e nella luna certe parti di color vario dal rimanente, e di figura talmente diverse tra loro, da non poterlesi prendere in fallo l' una per l' altra, e si vedesser coteste muover mai sempre da manca a dritta, sparir dopo giunte all' orlo destro quindi passato certo intervallo, ricomparir sul sinistro, ed in questi moti osservare la più scropolosa eguaglianza di tempo, nè già una nè cento, ma le migliaia e migliaia di volte, e poi sempre e poi sempre si fosse veduto ciò, chi potrebbe mai dubitare che il sole e la luna non girino intorno di sè? Sarebbe piuttosto da confessare che l' astronomia non avesse fenomeno più sicuro di questo.

249. Che la faccia della luna abbia parti figurate e distinte, ogni occhio sel vede; anzi il volgo suole rappresentarsi in que' lineamenti l' umana effigie. Ma se adoprasi un cannocchiale, appariscono chiaramente, su tutta la superficie lunare, montuosità, avvallamenti, d' infinite figure diverse, e la luce dove più splendida, dove più smorta. Coteste parti, diversamente figurate e splendenti, vengono dette dagli astronomi *macchie* della luna.

250. Il sole stesso, che ci par tutto fiamma e luce purissima, pur non è senza macchie. A veder se non altro le maggiori, basta ricever l'immagine di lui, per un piccolo pertugio, in camera oscura, sopra una carta bianca, e lontana dal bucolino quant'è di bisogno ad aver più distinto il ritratto. Coi cannocchiali, tenendo l'occhio difeso da un vetro affumicato, raro è che si guardi il sole senza vederlo cosparso di macchie. Sono esse di color nero, altre piccole, altre grandi fin quattro volte la superficie terrestre: or ve ne ha poche, ora molte; le più si contarono 50; altre durano pochi dì, e si dileguano; alcune fan tutto il giro, come s'è detto e ritornano. Ma tutte, niuna eccettuata, si videro sempre procedere con moto regolare, e quelle che non si dissolvono, terminare il circuito intiero in un medesimo intervallo di tempo.

251. Dal che si conchiude ch'esse non sono staccate dal corpo solare, qual sarebbero nuvole o satelliti, dì che dubitaron certuni da principio. Non nubi o nebbie, od emanazioni vulcaniche di fumo, poichè andrebber per ogni verso secondo l'arbitrio de' venti, nè tornerebbono a mostrarsi nel sito identico dopo mesi ed anni, nè moverebbonsi con quelle puntuali e diverse velocità, che alla rotazione d'un tutto solo appartengono; cioè le vicine al mezzo più rapidamente, le lontane via via sempre meno, onde poter compiere il giro intiero tutte ad un tempo senza sgarrar mai d'un ette. La qual differente celerità delle parti diverse d'un corpo rotante sarà di leggieri compresa da chiunque osservi, per esempio, una trottola, e ponga mente siccome la circonferenza del ventre fa, nello stesso tempo, un cammino molto più lungo di quel che fa il piede o le parti interposte.

252. Non sono le macchie nè men pianeti o satelliti, imperocchè non muterebbono spesso forma, nè svanirebber talvolta, mentre l'astronomo sta giornalmente seguendole; nè tanto rade sarebbero quelle che riappariscono dopo compito il periodo della gi-

razione; nè questo periodo sarebbe uguale per tutte, non essendovi esempio tale in altri pianeti o satelliti, e men ragione che lo comporti.

253. Sono adunque le macchie aderenti al sole, cioè parti d'esso mancanti d'ogni splendore, a guisa di scogli non infiammati, che rimangono discoperti qua e là dall'ondeggiar del fluido igneo; non già a guisa di scoria o schiuma, che venga a galla in un oceano di fuoco, siccome pensava il *Cartesio* non potendosi concepire nelle schiume natanti l'immobilità locale.

254. Le macchie del sole osservaronsi per la prima volta nel 1611, e furono una delle novellizie dell'invenzione de' cannocchiali. È incerto se il primo scopritor delle macchie solari sia stato il *Galileo*, od il P. *Scheiner*, gesuita, o se anche si voglia il *Fabrizio* o l'*Harriot*; ma il nostro *Galileo* sostien fermamente la sua precedenza.

255. Dal moto uniforme delle macchie solari, e dai loro periodici ritorni si ricava che il gran luminaro si volge intorno sè stesso nel termine appresso a poco di giorni 25, ore 10, che vengono a stare 610 ore, o vero minuti 36600. Come poi la circonferenza solare s'estende per 2 milioni 378 mila 512 miglia (243), così dividendo questo numero col precedente, apparisce che il moto giratorio del sole, nella parte di superficie ov'è il massimo, è di miglia 65 per minuto. Dico *ov' è il massimo*, poichè se l'esempio della trottola (251) non bastasse, fate trapassare una palla per lo mezzo con un perno, e facendola volgere intorno a quello, osserverete che le parti delle superficie più lontane dal perno, descrivono circonferenza maggiore delle vicine; e come il giro si compie da tutte in un tempo medesimo, chiara cosa è che quelle che fanno maggior cammino si muovon con più rapidità. Gli estremi del perno si chiamano i *poli* di rotazione o vero i poli del globo rotante; se sopra questo descrivasi un cerchio, il qual sia in tutti i suoi punti egualmente

distante, così dall' uno come dall' altro dei due poli, i detti punti saranno quelli che van con la massima celerità; e quel cerchio sarà appunto quello che sulla terra si nomina l' equatore o la linea equinoziale; nomi che adotteremo eziandio per indicare quel cerchio così nel sole come nella luna.

256. Dal vedere poi le macchie impiccolirsi quanto più agli orli del disco s' appressano, risulta evidentemente che il sole è un globo; voglio dir, di figura sferica e non piatta, come apparisce alla vista per illusione d' ottica; giacchè in questo secondo caso le macchie comparirebbero sempre d' ugual grandezza, così verso i lembi, come d' intorno al mezzo. Della verità poi della prima conchiusione può convincersi ognuno, il qual, per cagion d' esempio, pigli un pomo, e lo rimiri nella parte che lo teneva appiccato all'albero; quella cavità, rivolgendo il pomo, gli scemerà sotto gli occhi quanto più sarà vista da lato. Non così accade d' un corpo piano, verbigrazia, d' un foglio stampato, dove una lettera qualsivoglia sembra egualmente grande nel mezzo, come agli estremi della pagina.

257. Dal moto contemporaneo di tutte le macchine lunari si ricava che la luna gira d' intorno a sè nello spazio di giorni 27, ore 7, minuti 43, i quali equivagliono ad ore 655, minuti 43. Come poi s' è veduto (239), la circonferenza della luna esser lunga miglia 5892, così dividendo questo numero per 656, si rinviene che il moto giratorio della luna, nella parte di superficie ov' è il massimo, cioè nella linea equinoziale della luna, è di 9 miglia circa per ora, val a dir 434 volte più lento di quello del sole, sebbene a' nostri occhi non appaia notabil divario, poichè una corda lunga 9 miglia, tirata rimpetto a noi nella regione della luna, ne coprirebbe una lunga 3557 miglia nella regione del sole, e le parti equatoriali di questo fanno in un' ora poco più viaggio, montando a 3900 miglia per ora le 65 ch' elleno fanno per minuto.

258. Obbietterà forse alcuno, che gli par di veder mai sempre la faccia della luna con le stesse macchie, e similmente situate; donde sembrargli che nè esse nè il corpo lunare si volgano in giro. A ciò si risponde, che appunto il veder noi sempre uno solo degli emisferi della luna, siccome è verissimo, prova evidentemente ch' ella si move d' intorno a sè; il che mi piace mostrar così. Sia nel mezzo d'una chiesa una torcia; e sia la porta maggiore, com' esser suol d' ordinario, rimpetto all' altar principale. Se io, stando fra la torcia e la porta, volgo le spalle alla porta, ho dinanzi di me l' altar principale; e se rimanendo tuttavia quivi trovomi poscia col dorso rivolto all' altare e col viso alla porta, niuno dubiterà ch' io non abbia fatto un mezzo giro d' intorno di me. Or così avvien parimente, se, partendo io dalla prima posizione, fo un mezzo giro d' intorno alla torcia, tenendo sempre la faccia ad essa rivolta: al compier del mezzo giro mi troverò colla schiena voltata all' altare, al qual io teneva voltato il viso quando mi mossi. Avrò dunque fatto un mezzo giro d' intorno a me nel tempo stesso che l' ho pur fatto d' intorno alla torcia. Volendo girare intorno d'essa, senza girare intorno di me, sarebbe mestiere ch' io procedessi tenendo sempre la faccia volta all' altar principale; nel qual caso, al finir d' un mezzo giro, avrei le spalle rivolte alla torcia.

259. Or s' intenda la terra nel luogo della torcia, e la luna in vece del camminante; e poichè niuno dubita che la luna non giri d' intorno alla terra, perciò quel mostrarci mai sempre la stessa faccia sarà una prova certissima ch' ella gira eziandio d' intorno a sè. Bensì ne conchiuderemo, che il tempo della rotazione agguaglia appuntino quella della rivoluzione d' intorno alla terra; altrimenti ogni piccolo divario che ci fosse, a lungo andare moltiplicato, ci farebbe veder successivamente e gradatamente ambidue gli emisferi della luna.

260. Rispetto a questa pertanto reggerà ciò che

abbiam detto dal bel principio circa il moto rotatorio delle macchie, non però circa la sparizione e riapparizione loro, che applicar si dee puramente a quelle del sole. Come poi si pervenga ad intendere, e valutare il moto delle macchie, quando la faccia della luna a noi pare immobile, a capir ciò basterà riflettere, che oggi la luna è in un luogo del cielo, molto diverso e distante da quello dov'era ieri. Osservando l'astronomo i luoghi a cui risponde il centro della luna oggi e dimani, inferisce il moto del detto centro d'intorno alla terra nell'intervallo tra le due osservazioni. Nel modo stesso determina il moto della macchia d'intorno alla terra; e trovando che que' due moti non sono uguali, attribuisce il divario al moto giratorio della macchia d'intorno al centro della luna, e con questa ipotesi aggiusta le partite ottimamente. Tale ipotesi poi non è arbitraria, ma forzata e del tutto sicura; poichè se la luna in 24 ore ha percorso un ventisettesimo della rivoluzione, è impossibile a noi rimirar tuttavia la medesima faccia, qualor non abbia ad un tempo ancor fatto un ventisettesimo della rotazione.

261. La comodità d'aver sempre sott'occhio lo stesso emisfero della luna è stata cagione di contemplarlo assiduamente, e rilevarne il disegno (che *selenografia* suol chiamarsi) con più esatezza di quel che si possa in parecchie parti della terrestre topografia. Pensarono alcuni che quelle macchie, le quali sono di luce più languida, cioè che riflettono manco luce, asser debbano mari o foreste, e le più luminose sian rocce o terreno sodo, la cui superficie da pochi alberi rotta men raggi assorba. Discuteremo questi punti allorchè parleremo della natura del corpo lunare. Intanto, convien sapere, che come le macchie, possono distinguersi ottimamente coll'occhio l'una dall'altra mediante la figura, la risplendenza o la situazione, così per poter similmente indicarle senza equivoco con parole, fu imposto a ciascuna uno o più nomi propri. I più

generalmente adottati son quelli degli uomini celebri; specie d'apoteosi ben degna di coloro che van già sicuri dell'immortalità. Il Fracastoro vi occupa un posto insieme col Galileo, col Copernico, con Platone, Archimede, Aristotile, ecc. Ma le macchie più ampie e men risplendenti si chiamarono mari; e l'una il mar delle piogge, l'altra quello della serenità, ed altre con non altri men bizzarri attributi s'appellano, sebbene vedremo a suo tempo, che forse la luna non ha mari; la qual sentenza è la più ricevuta oggidì.

262. Il moto rotatorio del sole e della luna si fanno appresso a poco dirimpetto a noi, vale a dire, che i poli si trovano sempre d'intorno agli orli superiore e inferiore di quegli astri; come sarebbe se rimirassimo un arcolaio che gira, tenendo l'occhio alto da terra quant'è la matassa avvolta sull'arcolaio. Il mezzo della matassa ci rappresenta l'equatore. Gli astronomi scelgono da osservare particolarmente le macchie che sono in quella regione; poichè ivi essendo, come s'è detto, il moto più rapido, quant'è maggiore la mutazione di luogo da un giorno all'altro, tant'è minore il danno cagionato dagli errori possibili nell'osservazione. È chiaro che importa meno fallar di due braccia misurandone cento che misurandone trenta o dieci.

265. Nella faccia della luna trovansi macchie da per tutto, siccome ognun vede, ma non è così del sole. Intendendo diviso il suo disco, da un polo all'altro, in tre parti di larghezza uguale, le macchie non appariscono se non se nella porzione di mezzo; di che ci riserbiamo indagare la causa allor quando favelleremo della natura delle macchie.

264. Incontransi negli storici qualche volta scemamenti notabili della luce del sole, che furono o di stupore o di spavento cagione. Quello singolarmente decantasi, il qual si osservò l'anno dopo la morte di Cesare. Il comun degli astronomi fin ad ora inclinò ad imputare tali fenomeni a moltitudine, o pure

ad ampiezza straordinaria di macchie. Non ha guari però che il *Palcani* ha pubblicato un elegante Trattatello latino su questo argomento, dove con molti accurati confronti attribuisce quegli oscuramenti alla nostra atmosfera occupata da esalazioni più copiose e più dense del solito, in quella guisa che a noi viventi è toccato vedere, con universal maraviglia, nell' anno 1783.

CAPITOLO XIII.

Della Rotazione de' Pianeti.

265. Abbiam detto già (2) che i pianeti primari sono sette: cioè, Mercurio, Venere, la Terra, Marte, Giove, Saturno ed Urano o Herschel. Resti per ora da parte la Terra, e si tratti della rotazione degli altri sei. Dicemmo, che il primo e l' ultimo, Mercurio ed Urano, non sono visibili all' occhio disarmato. Gli altri quattro si confondono colle stelle dagl' imperiti: diamo i segnali per distinguerli facilmente.

266. I pianeti son i primi ad apparire dopo tramontato il sole. Il loro splendore non è tremolo e scintillante, come quel delle stelle, ma placido e cheto. Finalmente mutano sito da un giorno all' al-l' altro, e più manifestamente da un mese all' altro, o da un anno all' altro; e questo si riconosce dal-l' appressarsi che fanno ad alcune stelle, ed allontanarsi da altre; giacchè le stelle son *fisse*, e con questo nome si chiamano.

267. Di Mercurio non sappiamo per osservazione, se abbia moto di rotazione, poichè i migliori cannocchiali non hanno ancora potuto mostrarci macchie sul disco di questo pianeta, il qual è troppo piccolo, troppo vicino al sole, troppo ingombro per conseguenza dai vapori allor quando gli astronomi possono contemplarlo ed esaminarlo meglio, cioè quando il sole non gli abbaglia, per esser egli sotto l' orizzonte, presso cui i vapori son sempre più densi.

268. Eravamo privi primamente della medesima prova oculare rispetto ad Urano, a cagione della sua gran distanza e parca grandezza, le quali non avean conceduto ancora il distinguervi macchie: ma il suo scopritore *Herschel* annunziò non ha guari d'avervi osservato una rotazione rapidissima.

269. Comunemente gli astronomi tengòno per indubitato che Venere giri d' intorno a sè, ma le sue macchie son tanto difficili da discernere, che a stabilire il periodo della rotazione s' incontra enormissima discrepanza. *Cassini*, l' avea circoscritto ad ore 23, ma il *Bianchini*, che intese a sì fatte osservazioni particolarmente, sostiene (*Hesperi et Phosphori nova Phoenomena*) che monti a giorni 24, ore 8. Ultimamente *Schroetero* ha dato alla luce un trattato, in cui decide la quistione a favor del primo, determinando la rotazione di Venere in ore 23, minuti 21.

270. Ad intendere comm' esser vi possano due senienze così stranamente disparate, fà d' uopo sapere che di giorno il chiaror del sole impedisce il distinguer le macchie nel disco di Venere, e di notte questo pianeta è visibile per ispazio di tempo troppo breve, poichè segue o procede il sole, d' ore tre al più. Non possono dunque farsi, in un giorno stesso, due osservazioni, lontane l' una dall' altra di tanto che basti a determinare con sicurezza il moto d' una macchia avvenuto nell' intervallo. Però facendo le osservazioni da un dì all' altro, o sia di 24 in 24 ore, il moto della macchia sarà d' una vigesimaquarta parte circa della circonferenza, del globo, quando la rotazione si compia in giorni 24. e sarà di tutta la circonferenza con più una vigesimaquarta parte circa, se la rotazione si faccia in ore 23. Laonde il moto apparente può ottimamente conciliarsi con ambe le ipotesi; nè più sarà maraviglia se sieno contanto discordi, mentre esser debbono appunto tali a poter generare equivoco e dubbiezza.

271. La rotazione di marte è certissima, per os-

servazioni consone e multiplici d'astronomi di prima classe. Ella si compie in ore 24, minuti 39.

272. Nè pur della rotazione di Giove rimane alcun dubbio. Ella è molto celere, terminandosi in ore 9, minuti 55 circa.

273. La gran lontananza di Saturno è cagione che sol da pochi anni s'abbia contezza della sua rotazione. *Herschel*, col favor d'istromenti di non più udita forza, afferma il periodo consistere in ore 10, minuti 16; e crede non isbagliare di 2 minuti.

CAPITOLO XIV.

Della Rotazione della Terra.

274. Un capitano, il qual voglia prendere il novero de' suoi soldati, in due maniere può conseguire l'intento; o stando egli fermo, e facendo che passino un dopo l'altro dinanzi a sè, o schierandoli, e poscia movendosi a mirarli successivamente. Se fossero ordinati a cerchio, ei potrebbe, senza partirsi del mezzo, osservarli tutti, mediante una semplice conversione di sè medesimo; e tanto sarebbe, se in vece quel cerchio di soldati girassegli intorno mentr' ei se ne stesse immoto. Del pari, a chi mettasi in una piazza, tanto avverrebbe di vedere una dopo l'altra le case che la coronano, s'ei si volgesse sui propri piedi, quanto se quelle facesser la giravolta (per un dato che ciò sia possibile) intorno di lui. Così quando in barca vai costeggiando, se hai da credere agli occhi, si movono gli alberi con le ripe; nè per altro è diverso il giudizio della tua mente, se non perchè sai d'altronde, esser tutto del naviglio quel moto. Del resto se darsi potesse che camminasser le spiagge, intanto che stesse cheta la navicella, la successione delle immagini nelle tue pupille sarebbe per ceto stessissima.

275. Noi vediamo ogni giorno il sole, la luna, le stelle nascere, tramontare, girare, in somma, a cer-

chio, nel corso di ventiquattr'ore d'intorno al nostro globo. Egli è manifesto che a noi parrebbero gli astri del cielo dar la volta allo stesso modo, se anche stessero fermi, e la terra sola, siccome quel capitano si rivolgesse ogni dì, alla maniera d'una macina; vale a dire, se invece d'essere in quelli un moto di circolazione, fosse nel globo terrestre un moto di rotazione. Le apparenze negli occhi nostri non essendo punto diverse in ambi i casi, si tratta in questo Capitolo di chiamar l'intelletto, a dar giudizio, se pure il possa, qual sia de' due moti sopraccennati, il qual veramente esista nella natura. Le nostre pupille ci dicono senza dubbio, quel moto esser tutto de' corpi celesti; ma nelle pupille del navigante son le ripe, son gli alberi parimente que' che si movono. Sarebbe possibil mai che anche il moto diurno degli astri fosse una mera apparenza, una illusione, siccome è certamente quel delle rive e degli alberi? Ecco il soggetto dalla presente disamina.

276. A proceder con ordine fa mestieri indagar primamente, se la vertigine della terra sia nel genere delle cose possibili in buona fisica; altrimenti sarebbe vano ogni altro ragionamento. Dicono in vero gl' impugnatori: Se la terra si rivolgesse in sè stessa, come esser potrebbe che gli uomini fossero trasportati da un moto sì rapido senza averne il minimo sentore? Di fatto la maggior circonferenza del nostro globo, cioè nella linea, stendendosi per 21600 miglia (85), la vigesimaquarta parte di questo numero, cioè 900 miglia verrebbero ad essere il moto di rotazione nel tempo d'un'ora, e per conseguente 15 miglia in ciascun minuto. Andrebbero dunque gli alberi, le case, gli uomini, e quanto vi ha sulla superficie terrestre in quella regione, con la velocità d'un quarto di miglio ad ogni battuta di polso. È ben vero che tale celerità non è da per tutto la stessa; ma va scemando vie più quanto più i luoghi e gli abitatori sono remoti dalla linea, e

vicini al polo, per quella ragion che s'è resa (255); laonde in Modena, a cagion d'esempio, il moto di conversione sarebbe di 641 miglia ad ogni ora, o pur 10 2/3 per ogni minuto, il che viene a far mille sedici piedi nel tempo d'una pulsazione. Quest'impeto è ancora sì ratto come quel d'una palla di cannone, il qual supera dodici volte la maggior veemenza del vento: ad ogni modo il non essere da noi sentito non è argomento che vaglia ad escluderlo. E chi è di noi che s'accorga di sostenere il peso di 32 mila libbre (105) dall'aria dell'atmosfera? Quivi per conseguente, meglio forse che in altro, riduce la verità di quel proverbio: Uso si converte in natura. Assuefatti a quella pressione fin dalla nascita, non la sentiamo malgrado le sue ineguaglianze, come potremmo sentire la rotazione, che ha per carattere una perfetta equabilità? A chi stia nell'interno d'una nave, spinta da vento equabile, nè vegga il mare, nè senta strepito de' nocchieri o maneggio di sarte, qual sarà il segno ond'ei sappia se la nave cammini? A sentire di moverci è mestieri, o che il moto sia generato da noi veglianti, come quando volgiamo la testa; o che patisca alterazione sufficiente, siccome in un cocchio l'asprezza delle strade e l'intoppo dei sassi ci scuote, nè ci permette ignorare che siamo in moto.

277. Dicono inoltre gli oppositori: Se la vertigine della terra fosse vera, i corpi che si staccassero per qualche motivo dalla superficie terrestre, dovrebbero rimanersene indietro. Un sasso, per esempio, lasciato piombare da un'alta torre, non potrà mai cadere, come pur cade in effetto, al piede di questa; poichè supponiamo che spenda nella caduta due minuti secondi, o ver due battute di polso, la torre in quel mentre in virtù della rotazione si sarebbe avanzata due mila piedi verso levante, e di tanto dovrebbe il sasso restare indietro. Così un uccello che levasi in aria, come potrebbe mai tornare a posarsi sulla medesima frasca? certo non ardirebbe

staccarsi dal nido per paura di non rivedere i suoi parti.

278. Al quale argomento si risponde: Che tutti i corpi del nostro globo, e l'aria medesima con le nuvole, siccome quella che nasce da' vapori uscenti della massa terrestre, hanno in loro, fin dall'origine, l'impressione del moto rotatorio della terra: a distrugger sì fatta impressione bisognano ostacoli, essendo impossibile concepire effetto senza cagione; ma se in virtù della comune impressione anche l'atmosfera convien che s'aggiri insieme col globo, dalle cui viscere è partorita, nulla v'ha dunque che oppongasi alla continuazion simultanea del moto; però mentre il sasso cade dalla cima della torre e l'augello si leva a volo, l'impulsion rotatoria, che prima li trasportava da chi fu distrutta? ella è anzi secondata dal moto comune dell'atmosfera; e quindi proseguono a girare con l'aria, non altramente che se la pietra fosse cheta sul suolo, o l'uccel vi facesse suoi saltellini. E di ciò larghe prove ben possono dispensarsi.

279. Mentre un navilio è fermo, se dalla cima dell'albero si lasci cadere una pietra, niuno dubiterà che non piombi al piede dell'albero. Ma se il bastimento sia in moto, passerà avanti in quel tempo che il sasso mette a cadere, e di tutto quel tratto crederan molti dover la pietra restarsene indietro e cascar nell'acqua. Pur è mostrato dall'esperienza, che il sasso stramazza mai sempre al piede dell'albero, movasi il bastimento o non si muova. È dunque forza conchiudere, che nel caso della nave in corso il sasso caschi per linea obbliqua, siccome vede con diletto e stupore chi sta sulle rive; linea compòsta da due direzioni; l'una così naturale alla pietra, come ad ogni corpo a cagion della gravità, e però perpendicolare od a piombo per rispetto alla superficie terrestre; l'altra comune colla barca, il cui moto orizzontale sta impresso al pari nelle cose tutte da esse contenute. Ogni minimo tratto di ca-

duta perpendicolare va dunque accompagnato da un progresso orizzontale, e così questi due moti simultanei ne compongono un solo, che è il trasversale. Cade pertantanto il sasso al suo modo solito in virtù della gravità, ma segue nel tempo stesso di puntino il navilio, benchè staccato da quello, obbedendo all' impulso che tiene in sè, ricevuto prima dal correre del navilio. Che questi due moti, l'uno all' ingiù, l'altro all' innanzi, possano star insieme senza turbarsi nè distruggersi, lo dimostra a evidenza l' esperimento della caduta del sasso al piede dell' albero, in ambi gli stati della nave, o ferma o moventesi. Anzi v' ha questo di mirabile, che per quanto veloce sia l' impeto della barca, e per conseguenza, più lungo il cammino trasversale della pietra, questa giugne pur sempre al piede dell' albero nel medesimo tratto di tempo, come quando il navilio è cheto. Laonde è più chiaro della stessa luce, che la caduta perpendicolare non si altera nè confonde punto col moto orizzontale; a quella guisa che il navigante cammina liberamente dentro la nave per qual verso gli piace, comechè questa ad un tempo il trasporti o per la stessa o per altra direzione, nè il camminare del navigante perturba il moto della barca, nè questo impedisce quello, ed è verissimo andar colui per due direzioni ad un tratto.

280. Quanto poi alla perseveranza de' moti conferiti, anche quando i corpi son separati dal tutto, a cui sono conferiti, di segno pur vaglia a conoscerla ciò che avviene quand'altri balza fuor di carrozza in corso, ch' egli è impossibile, o almen difficile assai ch' ei si regga senza stramazzar sul terreno. Imperocchè i piedi sono impediti dal contatto di questo a seguir senza qualche indugio il moto del cocchio, che nella persona sta impresso; il quale impedimento non così essendo nella testa e nel busto il corpo trabocca di necessità dalla parte ove il cocchio s' avanza.

281. Il non sentirsi adunque la rotazione terre-

stre, nè dagli uomini, nè dagli augelli, nè dalle pietre che tutti debbono fare le loro funzioni allo stesso modo come se la terra stesse cheta, non è ragione che vaglia minimamente a poter negarlo. E poichè abbiam veduto (cap. XII e XIII) che il Sole, la Luna, Venere, Marte e Giove godono indubitabilmente del moto rotatorio, perciò manca ogni motivo di nè men sospettarlo impossibile nella terra, corpo maggior della luna, disparatamente minore del sole, opaco, rotondo e solido come i pianeti. La prima conchiusione pertanto sia questa: *Non è possibile dimostrare fisicamente che la terra non rota.*

282. Passiamo dunque ad investigare quale delle due ipotesi più sia probabile, secondo la fisica: che la terra roti, o pur che non roti. Se il nostro globo non si rivolge in sè stesso, è di necessità che s'aggirino intorno di lui ogni dì, tanto il sole quanto le stelle, e che sia reale e vera, non già apparente, quella diurna circolazione che osserviamo negli astri tutti. Or poichè s'è mostrato (226) essere il sole lontan dalla terra 81 1/2 milioni di miglia, la circonferenza ch'ei descriverà in 24 ore sarà dunque, secondo le regole di geometria, 512 milioni di miglia, per conseguente il suo cammino in un'ora 21 1/2 milioni di miglia; in un minuto 356 mila miglia; e questo è 'l viaggio che deve far di continuo quell'immensa mole, per risparmiare al nostro piccinino abitacolo il dar la volta, con la velocità tutt'al più, di 15 miglia per minuto. Ma il paragone è ancor debole.

283. Abbiam detto (5), e ne daremo le prove a suo tempo, non poter esservi stella da noi lontana manco di diciassette bilioni di miglia. La distanza d'una stella è dunque per lo meno 208 mila volte maggiore di quella del sole. La circonferenza diurna cresce in proporzione; e però il viaggio d'ogni stella nel breve spazio di un minuto dovrà essere 74 e più mila milioni di miglia. Velocità così strane ed incomprensibili è necessario che in corpi smisura-

tissimi ammettansi da coloro i quali hanno ripugnanza a concedere al piccolo corpicino, chiamato la terra, un viaggio rotatorio di 15 miglia per minuto. Da qual parte sta la probabilità? Ma tutto questo è ancor poco.

284. Il moto diurno degli astri, qual egli pare ai nostr'occhi, è tale che punto non altera le posizioni relative di quelli; è tale come se il cielo fosse tutto d'un pezzo, e gli astri incastrati nelle lor nicchie; ond'è ch' ei fu detto del *primo mobile*, o sia della sfera stellata. Egli è comune in sì fatta guisa a tutti gli astri; chè se fossero indipendenti e staccati un dall'altro, siccome paiono, non può intendersi ragione nè cagion che lo produca così esattamente contemporaneo, che niun vi manchi pur d'un capello, sebben ciascuno si muova con diseguale celerità, e le ineguaglianze sieno immense, altri scorrendo nel medesimo tempo circonferenze grandissime, ed altri strettissime, secondo che sono più o men lontani dall' asse di rotazione, cioè da quella linea d' intorno alla quale rivolgonsi, siccome fra poco dichiareremo con un esempio dozzinale. E se poi vogliam credere gli astri attaccati fra loro, di maniera che il cielo sia un tutto solo e sodo, il qual movendosi in giro, tragga con sè le sue parti, in quel caso non mancano ancora insolubili difficoltà. Di qual materia solida sarà il cielo, se gli astri vi stanno incastonati? La trasparenza di lui strignerebbe a crederlo di cristallo, o d' altra pasta egualmente diafana e soda. Ma i pianeti, ciascun de' quali muta luogo e distanza ogni dì, ogni momento, come potrebbero traforar quel cristallo? Come il potrebbono le comete, che tutto il cielo travalicano? Finalmente a qual pro gireranno ogni dì attorno alla terra con velocità incomprensibili tanti milioni di stelle, che senza l'aiuto degl' istromenti non iscorgiamo nè sappiamo pur che ci sieno, ma che sempre pur crescon di numero, secondo che s' aumenta la forza dei cannocchiali?

285. A tante fisiche assurdità qual risposta? Forse,

il non conosciamo fin dove giunga il potere della natura? Unica in vero, ma disperata risposta: che non mai potrà vincersi, od attenuarsi d'un ette il vigor d'argomenti innegabili, con allegar cose ignote ed inverisimili. E qual maggiore inverisimiglianza del moltiplicare i moti e le celerità all' infinito, senza necessità nè ragion sufficiente? *Indarno si fa con molti mezzi ciò che può farsi con pochi:* egli è pure savissimo assioma del venerato Aristotile. Noi dobbiamo anzi dire: Indarno la natura farebbe con mezzi, infiniti di numero, d'estensione, d' intensità, ciò che può fare con *uno solo, e il più facile di tutti.* Lungi però d'onorarla, attribuendole il potere di far vanamente cose ripugnanti al buon raziocinio, quest' è piuttosto adorare alla cieca la testimonianza de' nostri sensi, da' quali beviamo avanti il giudizio quella credenza del circolamento diurno della sfera stellata, e da' quali siamo pur certi d' essere illusi in tante altre cose.

286. Egli è adunque così ragionevole che i corpi celesti s' aggirino tutti insieme ad ogni 24 ore attorno la terra, in vece che la terra si volga in sè stessa; quanto sarebbe il salire sur un campanile, e pretendere che le case e le campagne sottoposte, per quanto l'occhio si stende, facesser la giravolta d' intorno al campanile, per risparmiare a quell'omicciuolo salito là su l' incomodo di voltar la testa a guardarle.

287. E poichè è fuor di dubbio che rotano Venere, Marte e Giove, ne' quali pianeti ricercasi in vano maggior attitudine o minor difficoltà a cotal moto, di quel che nella terra, sì fatta analogia sarà un'altra ragion di probabilità per la nostra vertigine diurna.

288. Di questa s'è dunque veduto, non esservi, in primo luogo, argomento di negarla; in secondo luogo, concorrere insieme tutte le ragioni di convenienza, d' analogia, di probabilità per concederla: resta da investigare, in terzo luogo, se mai v'avesse qualche ragione positiva, diretta e strignente, per dimostrarla convincentemente.

289. Rammentisi ora il lettore quel che s'è detto (36, 77), il peso de' corpi non esser lo stesso in diversi punti della terra, verità dimostrata dal pendolo, il qual non fa da per tutto il medesimo numero di battute in 24 ore. Quanto più si viaggia verso il polo, tanto più questo numero cresce; ed il crescimento segue una proporzione talmente esatta, che di leggieri disvela le cagioni onde nasce.

290. Acciocchè niuno sia il qual non intenda quel che ho da dire, mi si permetta giovarmi d'una comparazion comunale. Consideriamo un pollo d'india, infilzato in uno schidione di tal sottigliezza, che ancora il collo possa esserne trapassato. Or vada lo schidione attorno, come ognun sa: chiara cosa è che la pelle del corpo descrive, nel tempo stesso, circuito maggiore di quel che faccia la pelle del collo; la prima cammina dunque più veloce della seconda. Se la terra va attorno di sè, a quella guisa appunto che fa il *dindiotto*, il moto della superficie terrestre non sarà egual da per tutto, ma più o meno celere, secondo che le parti della superficie medesima stanno lontane più o meno dall' asse di rotazione, cioè dal perno, dallo schidione, da cui possiamo concepir traforato il nostro globo, benchè nel fatto nè perni nè schidione ci sieno. Dunque la velocità delle parti diverse della superficie è proporzionale alle loro diverse distanze dall'asse: della qual verità s'è potuto avere un primo concetto dagli esempi della trottola e della palla, di cui ci siam valsi (251, 255) per dimostrare il moto massimo della rotazione nelle parti equatoriali del sole e della luna.

291. È d'uopo inoltre por mente, che ogni moto rotatorio tende ad estruder le parti rotanti, cioè scagliarle lontane dal centro del moto. Se pigliasi in mano una corda, la qual sia legata nell' altra estremità ad un secchiello con acqua dentro, e questo si faccia girare d'intorno alla mano ed al braccio con impeto sufficiente, l'acqua non cascherà fuor del vaso, ma anzi colui che lo mena in giro, sentirà

sempre che il vaso tira la corda e fa forza per allontanarsi dal braccio. Così per quanto il cherichetto faccia andar alte le ondulazioni dell' incensiere, non per questo se ne sparpaglia la brace. L' acqua e la brace son ritenute a quel moto dalla forza di rotazione, che distrugge l' azion della gravità, in virtù della quale ognun vede che in certe situazioni cadrebbero in terra, se non vi fosse quel moto che ostasse. Di fatto consideriamo il momento nel quale il secchiello passa di sopra al braccio, ed è propriamente con la bocca in giù: qual cosa ritiene l' acqua dal traboccare, come farebbe se il vaso fosse cheto in quella positura? Non altro per certo che l'impeto della rotazione. Quest' impeto dunque contrasta, anzi vince del tutto in tal caso l'azion della gravità. Che s' egli non fosse a bastanza grande per agguagliarla, il minore, che tutta non la spegnesse, ne ammorzerebbe una parte, e l'acqua dovrebbe uscire e cadere, bensì con velocità minor del suo solito, cioè in grado corrispondente all'azion della gravità residua. Intendasi dunque che il moto di rotazione detrae dalla gravità, cioè dal peso de' corpi; il maggior moto dee toglier più, il minor meno; e però la detrazione o diminuzione del peso debb' esser proporzionale all' impeto o sia alla celerità della rotazione.

292. Or si ritrova coll' esperienza, come ho già detto (289), che i corpi terrestri scemano in peso a misura che son trasferiti dal polo verso l' equatore. Gran presunzione per certo ella è questa a favor della rotazione; ma la presunzione non divien ella poi tosto una prova compiuta, quando si sappia che gli scemamenti del peso tengono, in fatto, una certa proporzione esattissima con la celerità ch' aver debbe la rotazione ne' siti diversi, quando si sappia che le lunghezze del pendolo variano puntualmente da un paese all' altro con quella proporzione medesima? Fenomeno più manifesto, più convincente, chi mai pretender potrebbe, a render patente la rotazion della terra ai più renitenti dell' antica contraria credenza?

293. Sebbene che dico, antica? È ben vero che Tolomeo, con la più parte degli anteriori filosofi, ed anche de' posteriori, fin dentro al secolo decimosesto han tenuto la sentenza della rivoluzione diurna del cielo con tutti gli astri, e della quiete della terra. Ma non mancarono già da rimotissimi tempi autorevoli propugnatori alla sentenza contraria, siccome Filolao, discepolo di Pitagora, Niceta di Siracusa, Aristarco di Samo, Eraclide, Ecfanto, ed altri pitagorici. Il sentimento di Niceta fu poi riferito da Cicerone con parole di tanta perspicuità, che diedero forse al Copernico, a senso d'alcuni, la prima idea del sistema da lui fondato. Sarà pregio dell' opera traslatarle qui fedelmente « Iceta (o Niceta) di Siracusa, secondo dice Teofrasto, è di parere che il « cielo, il sole, la luna, le stelle, e tutto ciò finalmente che soprastà, sieno in quiete; nè dalla « terra in fuori altra cosa nel mondo si muova; la « qual mentre volgesi intorno all' asse con somma « celerità, gli stessi effetti ne nascono, come se, « stando essa ferma, il ciel si movesse. E questo « pare ad alcuni esser detto anche da Platone nel « Timeo, ma un poco più oscuramente » *Acad.*, *Quest.* II, *vol.* IV, n.° XXXIX *seu* 123). Le quali parole di Cicerone se intendansi per rispetto al moto diurno, di cui qui si parla precisamente, posto da canto il moto proprio della luna, de' pianeti e delle comete, convengono di puntino col sistema copernicano.

294. Che se quello di Tolomeo, circa il moto diurno de' cieli, regnò per secoli e secoli nelle scuole e nella general credenza, non è da imputare a difetto di scienza fisica negl' illustri ingegni che lo seguirono, in fino a tanto che furono privi di quella congerie di cognizioni che da 120 anni in qua si vanno continuamente schiarendo e moltiplicando. Ignoravano che la moltitudine delle stelle fosse innumerabile, e le loro distanze immense ed incommensurabili, donde procedono i tanti da noi esposti

assurdi del Tolemaico sistema, ignoravano affatto le variazioni di peso ne' corpi da un sito all' altro della terra, le quali sono un effetto che sforza a riconoscer la causa; ignoravano finalmente la figura elittica del nostro globo. Sì la figura elittica di esso è un' altra ragion fisica, la qual mette fuori di dubbio appresso i dotti la rotazione di lui.

295. Imperocchè nello stato molle primitivo della massa terrestre, a credere il quale conducono anche le parole della Genesi, l'equilibrio esigeva, che dove la materia pesa meno là ve ne fosse di più; siccome s' è già dimostrato a bastanza (56). Ecco dunque nella conversion della terra una causa naturalissima della sua forma elittica; e in questa forma, per converso, una ragione potente a favor della rotazione. E poichè l' atmosfera, come s' è detto sopra, deve rotare insieme, è facile adesso vedere il motivo da noi taciuto (118), per cui gli astronomi sono persuasi che anch' essa sia configurata a sferoide.

296. Nè voglio ommettere finalmente di togliere un dubbio, se mai cascasse in mente di alcun dei lettori. Supponendo la terra rotante, la celerità di questo moto (pigliando a considerare il maggiore, che spetta a' paesi sotto la linea) è tal certamente da correre 15 miglia ad ogni minuto. Or come avviene, dirassi per avventura, che da tanto impeto non sieno scagliati orizzontalmente per l' aria gli uomini, le bestie, i tegoli, e quant' avvi non aderente alla massa terrestre? Ma ciò è così lungi dalla possibilità, che avendo i matematici misurato gli effetti di quella velocità, e messigli a paragone con quelli della gravità han ritrovato non essere i primi che un minimo, che una parte dugentottantottesima dei secondi. Di fatto sappiamo che in un minuto secondo ogni corpo grave cade dall' altezza di piedi 15 parigini. D'altra parte la geometria ci fa fede che una linea retta orizzontale, lunga un quarto di miglio, qual sarebbe lo slancio della rotazione nel medesimo tempo d' un minuto secondo, non s'allontana

dal centro della terra altro che linee 7 1/2. E poichè 144 linee compongono un piede, rinviensi mediante la divisione, che il 7 1/2 è contenuto 288 volte ne' 15 piedi. L'effetto adunque della rotazione, in quanto all' estrudere i corpi, è distrutto dalla gravità che li tiene fermi al suolo con forza grandemente maggior del bisogno. Ed ecco un patente argomento da aggiugnersi ai già recati, per comprovare che non debbe da noi sentirsi l'impeto della rotazione, per non esser valevole a smuoverci nè punto nè poco.

297. Compiuto l' assunto di fisicamente discutere la quistione della conversione terrestre, rimarrebbe ora, ad esaurir sì fondamentale astronomica dottrina, da ragionar di que' passi delle sacre Scritture, che opposti vennero, come concludenti la quiete del nostro globo. L' esaminarli ed anazzarli partitamente ci porterebbe più in lungo di quel che comporti la natura di quest' operetta, quand' anche volessimo riferire puramente quel che fu detto dai più accreditati scrittori nell' una e nell' altra sentenza, senza ingerirci ad aggiunger niente del nostro. Ci restringeremo pertanto ad esporre in genere le ragioni potissime, le quali riduconsi a poche. Se i passi, di cui si tratta, si debbono intendere nel senso letterale proprio, non v' ha dubbio, la terra è in quiete. Ma i copernicani rispondono: 1.º, non esservi questo debito, poichè nulla v' è, a detta loro, in quei passi e in quel senso, che tocchi a' dogmi della Fede. 2.º, doversi anzi escludere da quei passi il senso letterale proprio come si fa da tant' altri, che intesi a rigor di lettera, menerebbero ad assurdo.

298. In quanto al primo, que' passi possono intendersi scritti secondo l' opinione, non secondo la verità; cosa non rara nelle scritture, a detta di S. Girolamo (*Comment. in Jeremiam, cap.* 28, *v.* 10), e di S. Tommaso (al cap. 26, v. 7 di Giob.). Gli astronomi stessi, quantunque copernicani, proseguon tuttora a parlare con quel linguaggio che dettano le

apparenze, e che regna da tutti i tempi; denominando tavole del *moto del sole* quelle ove intendono esporre il moto della terra; e notando nelle loro effemeridi le ore *del levare e del tramontare del sole*, comechè stimino tai fenomeni dipendere unicamente dalla rotazion della terra. Perchè mai non doveàn parlare col linguaggio comune Giosuè, Davidde, Salomone ed altri autori de' sacri libri, in tempi massime in cui non v' era un principio di sentor, che si sappia, d'altro sistema da quel che pareva ai sensi? Quando mai s' è preteso che Iddio fosse tenuto svelare ad un tratto tutte le fisiche verità, nelle quali ci permette anzi agli uomini esercitarsi ed andar penetrandone alcuna di tempo in tempo? Qual maraviglia però se la rotazion della terra sia fisicamente avverata soltanto con le scoperte avvenute dal Copernico in qua?

299. In quanto poi al secondo, persino a che la rotazione medesima ha potuto rimaner dubbiosa, non v' era motivo sufficiente il qual costrignesse ad abbandonare il senso letterale proprio di que' passi scritturali, tenuto da immemorabili tempi. A torto perciò mi sembra che si lagnassero alcuni, di quella sentenza de' romani teologi: Non si dover sostenere pubblicamente la rotazion della terra, se non come ipotesi. Ma adesso che non va più un sol astronomo il qual non sia copernicano; adesso che la rotazione del nostro globo è provata non solo possibile, non solo probabile, ma eziandio necessaria ai fenomeni; adesso che il negarla è divenuto un assurdo agli occhi d'ogni fisico dotto, si deve sperare maturo il tempo in cui la passata opinione dia luogo a quella regola fondamentale che esclude il senso letterale proprio delle sacre Scritture ogni volta che meni ad assurdo. La prudenza dell' ecclesiastica gerarchia è guidata dal sapientissimo S. Tommaso in quell' aurea sentenza (*opusc.* 10): *quelle cose le quali sono state abbracciate dalla comune de' filosofi e non ripugnano alla fede, nè debbono affermarsi come fos-*

sero dogmi di fede, nè parimente negarsi come a quella contrarie, per non dar occasione ai sapienti del modo di dispregiare la dottrina della Fede. Su questi fondamenti prendo fiducia di veder nei miei giorni abbandonata anche la restrizion dell' ipotesi, e fatto libero in ogni parte di cristianità il sostener come tesi la rotazione del globo terrestre.

FINE DELLA PARTE PRIMA.

A L L E T T O R E *

Questa seconda parte comparisce a luce tre anni dopo la prima, e comprende non solo i capitoli astronomici, già conosciuti ne' cinque Almanacchi che uscirono dal 1797 ai 1801, ma inoltre i due Capitoli che doveano far parte dell'Almanacco per l'anno corrente; il quale Almanacco non è stato prodotto per mancanza di tempo e di sufficiente spaccio dell'ultimo antecedente. Con questa parte si dà compimento a quanto poteva d'astronomico dirsi relativamente alla nostra terra, concedute le cose che de' pianeti e del sole, a contemplazione di essa, doveano frammettersi; ed eccettuate quelle, le quali rimangon da esporre circa gli effetti ch' ella risente dalle attrazioni degli altri corpi celesti; la qual materia sarà trattata in comune riguardo a lei ed agli altri pianeti. Se questa seconda parte sarà ben accolta dal pubblico, siccome fu la prima, m'affretterò a compilare e dar fuori i susseguenti. Penso che a scorrere tutte le parti della vasta e divina scienza, che qui si tenta far piana al comune intendimento, due volumi almeno, e forse tre, saranno ancor necessari.

* *Questo avviso fu premesso al volume secondo dell'edizione di Modena, 1802, in 12.*

NOTIZIE ASTRONOMICHE

ADATTATE ALL'USO COMUNE

PARTE SECONDA.

CAPITOLO XV.

Dell'Anno Planetario.

300 Mirando qualche pianeta in diverse notti, nom sì stupido non v'avrà il qual non venga al conoscimento essere dotato ognuno d'essi di moto particolare, da occidente verso oriente, e con varia celerità. Basta osservare le stelle che giacciono ne' contorni del pianeta, e balzerà ben presto agli occhi, com'ei s'accosta continuamente a quelle che stanno da parte sinistra e s'allontana dall'altre che tengono il detro lato. Accade in vero talvolta vederlo andare per direzione opposta, cioè da levante verso ponente; però questo moto che allora si chiama *retrogrado*, non è già tale in fatto, ma solo in apparenza per causa di certe combinazioni che spiegheremo opportunamente. Quantunque sì fatta illusione non nasca spesissimo, pur si doveva da noi accennare, acciocchè non movesse esitanza ne' risguardanti qualor s'abbattessero in tal congiuntura. La verità è, ch'ogni pianeta va sempre e poi sempre seguendo la sua carriera *diretta*, nè mai retrocede. Secondo questa poi corre in giro d'intorno al sole: terminata una girazione, succede un'altra, senza un momento di pausa in verun sito; e così procede il fatto perpetuamente. Ora il tempo che un pianeta spende

a compier l'intiero circuito, costituisce la lunghezza dell'anno per gli abitanti di quel pianeta, se ve ne sono; lunghezza molto diversa da uno ad altro pianeta. Nostro scopo è per tanto in questo Capitolo investigare e diffinire qual sia la tirata dell'anno di ognun dei pianeti, cioè quanto tempo ciascuno impieghi a far il suo giro compiuto d'intorno al sole; quantità di tempo, a cui soglion dare gli astronomi il nome di *rivoluzione* o rivolgimento, ed altri di *conversione* o *restituzione*.

301. Che il sole sia quello, attorno al quale s'effettui veramente il moto d'ogni pianeta, questa ipotesi forma parte del sistema di Copernico. Dimostreremo a suo luogo che ogni altra delle finor poste in campo, nè s'accorda co' fenomeni, nè può sostenersi più avanti oggidì. Intanto i metodi, di cui ci varremo per indagare l'anno planetario, faranno palese ad un tratto la gagliardia dell'ipotesi copernicana.

302. Come si fa ad osservare un pianeta? *Osservare un pianeta* significa diffinire il suo sito nel cielo al momento dell'osservazione. A saper dove sia un corpo, il qual si move continuamente, è mestieri paragonarlo a qualch'altro che non si mova, e del qual sia ben nota la sede. Si elegge per tanto in fra le stelle di posizion conosciuta, delle quali ce ne ha più migliaia mercè le immense fatiche degli astronomi, quella che sia più vicina al pianeta. E poichè s'è veduto (282) che in virtù della rotazione della terra tutti gli astri fan vista di circolarle intorno, perciò l'astronomo, prevalendosi di questo lor moto apparente, nota il preciso tempo che scorre fra il transito della stella ed il transito del pianeta da un filo, il quale attraversa dall'alto al basso il campo del cannocchiale; ed in oltre misura con esquisiti ordigni quel pezzo di filo pigliato in mezzo dai due astri, acciò sappia di quanto l'un più alto dell'altro ne tragittò. Con queste due cognizioni, differenza di tempo e differenza di altezza nel loro passaggio, inferisce per via di calcolo sicurissimo, quanto si

dilunghi, e per qual verso, il pianeta dalla stella; per lo che, essendo dato il luogo di queste nel cielo, è chiaro dover risultarne anche il sito dov'era il pianeta al momento dell'osservazione.

303. Sol fa d'uopo avvertire, non pretendersi qui tenere immaginabile sentore della distanza effettiva del pianeta dalla terra, nè dalla stella, ma per *sito* intendersi unicamente un punto qualunque nella profondità de' cieli, il qual sia nella linea tirata dall'occhio nostro pel centro del pianeta. Il cacciatore che imbercia l'uccello per aria, non ha bisogno di sapere, per coglierlo, quante pertiche sia lontano; basta ch'ei mandi la palla per quella linea che va dall'occhio all'uccello. Or se lo colpisce, potrà in certo senso dir che sapeva il sito del cielo nel qual si trovava l'augello. Non altrimente è determinato il luogo di qualsivoglia stella; anzi questa è l'unica notizia, per così dire, che possediamo circa le stelle; giacchè le distanze de' pianeti dalla terra si diffiniscono molto bene con altri mezzi che quanto prima dichiareremo; ma le lontananze delle stelle, così dai pianeti come da noi, sono del tutto ignote, nè si potranno probabilmente apparar giammai. Ciò nondimeno con ogni poco di scienza in mano l'astronomo fa prodigi; e però s'accontenta sapere con qual direzione debbe aggiustar la mira per incontrar quella stella o quell'altra; ed ha ciò tanto bene su per le dita che vi sa dire avanti, in qual ora, in qual minuto ed in qual secondo una data stella trapasserà dietro al filo del suo telescopio. E questo si chiama sapere il preciso luogo delle stelle nel cielo, quantunque non s'abbia contezza della distanza loro da noi.

304. Veduto qual modo si tenga per osservare un pianeta, e ciò che s'intenda per lo suo luogo nel cielo, procederemo dicendo, che per venire in notizia di quanto sia lunga l'annata sua, gli astronomi aspettano d'osservarlo quando capita nella dirittura di un muro che andasse dalla terra al sole. Allora

ognun vede che, mirandolo dalla terra, è tutt'uno, come se il riguardante se ne stesse nel sole, poichè la linea che va dalla terra al pianeta è nel medesimo piano di quella che dal sole trae al pianeta; e la direzione di questa linea per l'immenso de' cieli è la sola cosa che trattasi stabilire, acciocchè sia noto il luogo del pianeta. Di necessità poi l'astronomo deve porsi nel sole, se vuol sapere con esattezza quanto tempo il pianeta spende a compiere un giro d'intorno a quell'astro, o vero a tornare alla stessa mental muraglia, da cui partì quando fu fatta la prima osservazione. Stando l'astronomo sulla terra, val a dire facendo le sue osservazioni fuor dell'indicata congiuntura, le apparenze del moto variano stranamente, nè si può di gran lunga cavarne ugual costrutto. Imperocchè il pianeta or ci si accosta molto, ora molto da noi si scosta; e nelle vicinanze il suo corso ci pare più rapido assai che nelle lontananze. All'incontro, movendo il pianeta quasi circolarmente d'intorno al sole, le distanze tra di essi non varieggiano tanto; e cotal moto, poco men che uniforme, in riguardo al sole, si può da chi stia quivi su, considerare, seguire e valutare con ogni puntualità. Hanno dunque gli astronomi trovato il segreto di trasportarsi nel gran luminare in quel modo che ho divisato.

505. Il pianeta, quand'è nella dirittura col sole e con la terra ad un tratto, dicesi essere nella *opposizione*, se la terra si trovi frammezzo i due astri, qual, verbigrazia, sarebbe il caso del plenilunio; ed essere nella *congiunzione*, se il luogo di mezzo sia occupato dal pianeta, siccome addiviene nel novilunio, od anche se l'occupi il sole, qualmente succede ai pianeti primari. Nell'ultimo caso la congiunzione si appella *superiore*, nel precedente *inferiore*, dall'essere il pianeta di sopra o sia di là, di sotto o sia di qua del sole.

506. Molte volte furon veduti Mercurio e Venere nella congiunzione inferiore, giammai nell'opposi-

zione. Or se girassero intorno alla terra, conforme voleva il Tolomeo, per qual ragion passerebbero sempre tra il sole ed il globo nostro, e non mai dietro le spalle, direm così, della terra? Tanto è sicuro il transito di Mercurio e di Venere fra quella ed il sole che son già stati parecchie volte, dopo l'invenzione de' cannocchiali, osservati patentemente questi pianeti eclissare nel loro tragitto una striscia del disco solare. Che se dopo aver misurato in simili incontri in lor diametro, l'astronomo li rivegga a capo di certo tempo nelle adiacenze del sole, ma impiccoliti in maniera che per le regole di proporzione, insegnate già (232), debban esser lontani da noi più del sole; e se tali disparate grandezze succedano l'una altra alternatamente e con periodi uniformi; se Venere, per esempio, venga veduta passare con larga corporatura dinanzi al disco del sole, poi seguitar suo cammino a banda destra per dieci mesi, scemando via via di grandezza continuamente, e perciò slontanandosi sempre da noi, fin a tanto che arriva a nuovo congiuguimento, ma fatta in questo sì magra e piccina che forse non pare la quarantesima parte di quella mole di cui fece mostra nel primo; quindi, travalicata a sinistra del sole, venga appressandosi a noi, e raggrandendosi progressivamente in fin che ritorni alla congiunzione inferiore e alla pristina corpulenza, qual uom vi sarà ch' abbia pur fior di senno, il qual possa tener tuttavia la girazione di Venere attorno alla terra, e negare la girazione di Venere attorno al sole?

307. La verità di quest'ultima girazione è poi messa nella più chiara luce dalle fasi di Venere. Osservansi con l'aiuto del telescopio, in questo pianeta, gli stessi cangiamenti di lume che ci offre l'aspetto della luna. Il novilunio, la falce, il quarto, il gibboso, il plenilunio, tutte in somma le varietà di splendore della faccia lunare, tutte appariscono parimente sul disco di Venere; nè ci corre altro divario, se non che le ultime si consumano in tempo

più lungo, val a dire, nel tratto di mesi 19 1/2 circa. Ragioneremo diffusamente di queste apparenze allor quando ne verremo sponendo le cause relativamente alla luna. Intanto ci basterà favellar d'una sola fase, cioè di Venere piena.

508. È cosa evidente che un corpo rotondo non può essere illuminato altro che per metà, cioè in tutto l'emisfero rivolto verso quel corpo, il qual manda il lume, ed il quale suppongo essere un solo. Ognuno intenderà facilmente altresì, che a veder tutto intero l'emisfero illustrato è di necessità che il riguardante sia in faccia di quello, cioè nella dirittura appresso a poco dei due corpi, altrimente, se pongasi da lato, vedrà una porzione dell'emisfero lucente, ed un'altra del tenebroso. Di queste verità può ciascun di leggieri capacitarci con esperienze popolarissime.

509. È dunque mestieri, perchè ci avvenga osservare Venere piena, ch'essa e la terra ed il sole sien tre in una dirittura, non però così puntualmente onde l'uno nasconda l'altro; nè occupando Venere il luogo di mezzo, nel qual caso a noi volge il tergo oscuro. Sono per tanto due sole circostanze che possono mostrarci Venere piena; o stando essa di là dal sole o tenendo la terra il posto di mezzo. Quest' ultima circostanza non è mai occorsa, perciocchè non fu vista mai Venere spuntare dall'orizzonte quando il sole tramonta, siccome accade alla luna piena. Egli è dunque innegabile, qualunque volta ci vien veduto di Venere tutto l'emisfero illuminato, il che avvien senza dubbio per serie di molti giorni ad ogni 20 mesi circa, essere allora questo pianeta al di là del sole. Esso è poi certissimamente tra il sole e la terra, quando osserviamo trapassar l'ombra sua sopra il disco solare. Sta dunque mostrato indisputabilmente, che Venere gira d'intorno al sole, e che la terra riman di fuori di quella circonferenza che Venere descrive; onde crolla irrimediabilmente in questa parte il sistema di Tolomeo. Tal si fu la

rettissima conchiusione cui tirò dalle fasi di Venere il gran Galileo, nel famoso Discorso che tenne al Doge ed alla Signoria di Venezia sul Campanil di S. Marco, ostentando lor, per la prima volta, col cannocchiale testè inventato, la figura di Venere, gibbosa a similitudine della luna verso l'ultimo quarto.

310. Come poi le fasi medesime osservansi anche in Mercurio, così ne derivano le illazioni medesime, e si raddoppia con due pianeti a forza dell'argomento. Bensì convien confessare che Tolomeo, senz'aiuto de' telescopi, nè poteva distinguer le fasi, nè ben per minuto la solenne disparità di grandezza dalla congiunzione superiore all'inferiore; laonde merita quel perdono che a nessun patto si puote concedere nè a molti che ancora in segreto lo seguono, nè ai pochissimi che s'attentano seguitarlo in palese.

311. Or facendosi a ragionare degli altri pianeti primari, cioè Marte, Giove, Saturno, Herschel, ne' quali, s'effettua l'opposizione, ed in questo aspetto ci appaion più grossi che in ciascun altro, ond'è certo che allora toccano il punto di maggior propinquità alla terra, che diranno i Tolemaici se quella grossità si vada continuamente struggendo, secondo che muovono dalla opposizione perfino alla congiunzione, nè in questa sien mai stati visti passare davanti al disco del Sole? Sarà forza conchiuder che passin di dietro o sia più in là: qualmente uscirà manifesto dal computo delle lontananze e dalla comparazione de' diametri, e quindi nessuno potrà rivocare in dubbio che girino intorno al sole. Trovasi in vero anche la terra per entro allo spazio che circoscrivono; ma perchè le distanze di quei pianeti dal sole varian pochissimo, e quelle dalla terra smodatamente, siccome ben presto si toccherà con mano, perciò di leggieri può intendere ogni persona che il centro del loro moto è dappresso al sole e discosto assai dalla terra; laonde non a questa, ma a quello dovrassi dir che s'aggirino intorno: su di che ces-

serà finalmente ogni dubitanza tosto che nel venturo Capitolo troveremo la legge generale di relazione tra il moto d'ogni pianeta e la sua distanza del sole, della qual decisiva prova nè pur ombra si puote allegare per rispetto alla terra.

312. Stabilita bastantemente per ora la girazion de' pianeti d'intorno al sole, torneremo a batter lo scopo nostro, che è quello d'investigare quanto tempo vi spendano. È chiaro vedersi fare uso d'osservazioni d'opposizione e di congiunzione, se vuolsi avere il luogo del cielo dove il pianeta sarebbe visto da un astronomo stante nel sole. Questo luogo si determina, come abbiam dichiarato sopra, in rispetto a qualche stella vicina. Se quando il pianeta compie il suo anno, cioè riede a quel sito, e nella stessa vicinità a quella stella, potessimo fare di nuovo l'osservazion della congiunzione o dell'opposione, l'intento sarebbe ottenuto con maravigliosa facilità ed esattezza. Ma in cento e migliaia di volte che il pianeta ripasserà per quel luogo, quivi non avverrà forse mai nuovamente la congiunzione o l'opposizione, quando non fosse dopo una furia di secoli. Imperocchè, o sia la terra la qual s' aggiri in un anno d' intorno al sole, conforme piace al Copernico, e sia il sole che faccia quel giro d' intorno alla terra, secondo ha tenuto il Tolomeo, bisogna, perchè la terra, il pianeta ed il sole s'incontrino ad esser due volte per dirittura, ed il pianeta in un sito identico, bisogna, dico, che un numero d' anni o girazioni del pianeta agguagli un altro numero d' anni o sia girazioni della terra o del sole. Il che quanto sia stranamente lungo a succedere intenderà di leggeri ogni mezzano aritmetico, veduto ch' abbia fra poco la tirata degli anni o rivolgimenti planetari.

313. Potrebbero servire all' uopo anche due quali vogliansi congiunzioni od opposizioni, essendo cioè il pianeta in punti diversi, purchè il moto di lui fosse ugual da per tutto in tempi eguali; conciossiachè dal tempo che ha messo in andare da un

luogo del cielo ad un altro, s'inferirebbe ottimamente, col mezzo della pura regola del tre, quanto tempo gli occorre a percorrere la circonferenza intiera. Ma poichè la velocità de' pianeti è spessissimo differente da un sito al altro dell'orbita loro, o sia del sentiero che battono, perciò quel computo di proporzione non regge, anzi induce necessariamente in errori notabili. Qual fu pertanto l'arguzia degli astronomi in tal frangente? Pigliare due congiunzioni od opposizioni, distanti l'una dall'altra più secoli, di maniera che il pianeta in quel mezzo abbia compiuto moltissime volte, e quante più posson essere, il suo giramento o vero il suo anno. Allora l'errore che nasce dal computo di proporzione, che s'adopera a ridur l'ultima osservazione allo stesso punto celeste dove fu fatta la prima, va suddiviso su tutti gli anni intermedi del pianeta, e rimane insensibile nel periodo d'un anno solo. Fallar di due braccia misurandone mille è assai minor danno (262) che misurandone cento. Pongasi lire 50 il valore delle due braccia. Questa perdita, ripartita su mille braccia, non è che d'un soldo per braccio; ripartita su cento, divien dieci volte maggiore. Ecco resa palpabile l'importanza d'aver ricorso ad osservazioni separate dal più lungo possibile tratto di tempo. Ecco resa magnifica la non curanza dell'utile proprio nell'astronomo zelante, il qual s'affatica sovente in osservazioni, da cui non può trar costrutto per sè. Egli semina unicamente a pro della scienza e de' posteri; e i secoli accumulandosi traggono finalmente a felice maturità quel germe che giacque sì lungamente sepolto ed inoperoso.

314. Con questi mezzi, e con altri ancora che non si posson da tutti intendere, è stata definita la durazione degli anni planetari con l'ultima finitezza, a tagliar persino in frazioni il minuto secondo. Adunque un osservatore, il qual soggiornasse nel sole mirerebbe i pianeti aggirarsegli intorno, e ritornare alla congiunzione con una stella qualunque, ne' se-

guenti periodi, che portano il nome di *rivoluzion siderale* de' pianeti; significando appunto quel *siderale* il tempo abbracciato da due successivi congiungimenti con una medesima *stella*. Prendo i detti periodi dalla terza edizione dell'Astronomia del *Lalande*, pubblicata nel 1792, poichè l' autore, il libro, e la fresca data fan soprammodo autorità. I primi cinque si trovano all' art. 1162, l'ultimo si ricava dall' art. 3671.

Anni de' pianeti, espressi in giorni, ore, ecc., terrestri.

	g.	o.		
Mercurio	87	23	15'	43", 6
Venere	224	16	49	10, 6
Marte	686	23	30	35, 6
Giove	4332	14	27	10, 8
Saturno	10759	1	51	11, 2
Herschel	30688	12		

315. Adunque Mercurio compie il suo giro d'intorno al sole in giorni 87, ore 23, minuti 13, secondi 43, decimi di secondo 6; allo stesso modo si voglion intendere gli altri numeri. Questi poi troverannosi battere colle quantità da noi enunciate fin da principio (2); cioè per Venere mesi 7 1/2, per Marte 22 1/2, per Giove anni 12 poco meno, per Saturno 29 1/2, e per Herschel 84. Rimane in quest' ultimo qualche incertezza di giorni, per essere stato scoperto pochi anni fa, e per non aversi ancora le osservazioni di lui per un giro intiero. Avverta finalmente, chi volesse convertire i giorni in anni, che deesi fare la divisione per 365 1/4, posto che ogni quart'anno è composto di giorni 366.

CAPITOLO XVI.

Delle Distanze de' Pianeti dal Sole e dalla Terra.

316. Quando s'è trovata la lunghezza dell'anno d'un pianeta, con facilità si perviene a determinare le distanze di lui, così dal sole come dalla terra; imperocchè, osservata ch'io abbia la congiunzione o l'opposizione d'un pianeta, è cosa indubitata che al termine del suo anno ripasserà pel medesimo luogo celeste, nel qual oggi l'ho colto. Aspettando quel termine, osservo di nuovo il pianeta, il quale, a cagione del moto del sole o della terra, avvenuto nel tempo intermedio, non può essere allor nella congiunzione (312). Non essendo per tanto i tre corpi in una dirittura, se col pensiero si tirano linee dall'uno all'altro, queste appunto saranno le rispettive distanze ch'or voglionsi diffinire. Una d'esse è già nota; cioè quella che passa dalla terra al sole: l'abbiamo determinata nel Cap. X (226). Ella dunque serve di base per operare, nel modo altre volte dichiarato (69), a fin di venire in cognizione delle altre due. L'operazione consiste nel misurare gli angoli alla terra ed al sole. L'angolo alla terra è formato dalle due linee, che vanno una al sole, l'altra al pieneta; e se ne piglia la grandezza col mezzo de' già dinotati (60) strumenti astronomici. L'angolo al sole è formato dalle due linee che vanno l'una al pianeta, l'altra alla terra: per misurarlo bisognerebbe veramente esser nel sole. Non essendo da noi cotal guado, ecco qualmente gli astronomi lo varcarono coll'ingegno. Suppongasi insiem col Copernico, che in quel mezzo tra le due osservazioni, la terra sia andata in giro, ed il sole rimasto immobile. In tal caso, un astronomo che avesse avuto dimora nel sole, allora veduto avrebbe il pianeta compir l'anno suo, quando mirato l'avesse tornare

alla stessa configurazione con quelle stelle cui era da presso nel cominciarlo. Ma perchè questa posizione del pianeta è già nota agli astronomi, che son sulla terra, in virtù della prima osservazione che fecero, quando il sole, la terra ed il pianeta si sono incontrati in una dirittura, perciò non avran più mestieri balzar nel sole, per sapere in qual sito sarebbe scorto da loro il pianeta se tenessero i piedi sul gran luminare. Resta bensì da conoscere a qual punto del cielo vedrebbero di colà il nostro globo rispondere. Ma cotal punto chiara cosa è dover essere contrapposto precisamente a quello nel qual dalla terra mirano il sole. Eccoli dunque, mercè la cognizione dell'anno planetario, e l'ipotesi del Copernico, perfettamente istrutti circa la direzione delle sue linee mentali, che dal maggior luminare tirate al pianeta ed alla terra, costituiscono l'angolo al sole. Conoscendo gli angoli alla terra ed al sole, insieme col lato da essi intercetto, il qual è la distanza dalla terra al sole, possono tosto gli astronomi, per via di computi trigonometrici infallibili, venire in notizia degli altri due lati del triangolo, i quali sono appunto le lontananze che voglionsi diffinire, cioè dalla terra e dal sole al pianeta. Nè v'ha in tutto ciò altro maggior mistero o difficoltà di quel che per determinare le distanze terrestri senza misurarle colla pertica, ma misurando soltanto una base e gli angoli su di quella, siccome fu sminuzzato nel Cap. IV.

317. Or è degno da notarsi, che supponendo ferma la terra secondo il sistema di Tolomeo, manca ogni mezzo per arrivare a conoscere l'angolo al sole; giacchè allora quest'astro, mutando sito continuamente, non è più possibile sapere, fuor della congiunzione, qual sia la direzione della linea che va da lui al pianeta. E, di fatto, finchè regnò l'ipotesi tolemaica, rimasero sempre ignote le distanze de' pianeti, così dal sole come dalla terra. Il Fracastoro voleva ch'essi girassero a cerchio d'intorno alla

terra, e quindi fosser mai sempre alla stessa lontananza da noi. Il vederli or più grandi or più piccoli, argomento dimostrativo contro di lui, non bastò ad espugnare la preoccupazione del suo spirito. Quant' è mai ostinato l'uom di sistema! Per sostenere il suo falso concetto, ebbe ricorso ad un altro non men assurdo, adducendo gratuitamente, la differente grandezza non esser che un' illusione, la quale provenga dal rifrangimento dei raggi nel traversar la materia celeste. Finse una densità di materia, di cui non poteva dar prove, ma ch' è smentita dal libero e regolar corso de' pianeti (120). Adottò ciecamente l'opinione falsissima degli antichi, esser dalla rifrazione ingranditi gli oggetti alla nostra vista: noi abbiam dimostrato il contrario (166). Traboccò finalmente in contraddizione con sè medesimo; poichè Marte, a cagion d'esempio, il qual mostrasi esiguo verso la congiunzione, e Venere corpulenta verso la congiunzione inferiore, patirebbero effetti del tutto opposti, quantunque mandino i raggi per le stesse regioni celesti allorchè si trovano in congiunzione tra loro.

318. Ma dirà forse alcuno: I seguaci del Copernico e del Newton non tengon forse un sistema? Dovrem crederli esenti essi soli dall' incespare ne' ginepreti della pertinacia? Rispondo senza esitanza: Che andranno esenti e sicuri fin a tanto che batteranno la strada sinor calcata. Essi non vanno già mendicando la spiegazione de' fenomeni da cause fantastiche, inventate a capriccio, nè dal miserabile rifugio del *non sappiamo che possa far la natura.* Essi non fanno altra cosa mai, se non se comparare il fenomeno con le leggi semplicissime e poche del loro sistema. Insino ad ora nessun fenomeno astronomico le ha smentite; nessuno, a rigor di parola. Dicono dunque alle odierne sbandate reliquie de' loro avversarj: Trovate un sistema che quadri meglio ai fenomeni, e noi tosto lo anteporremo al nostro; e noi tosto vi stimerem ragionevoli.

519. S'è veduto sopra, qualmente, a poter saper le distanze de' pianeti, è necessario che sia falsa l'ipotesi del Tolomeo circa la quiete della terra nel centro del mondo. Ma la verità delle distanze, qual son definite oggidì, regge e risplende a tutti i confronti immaginabili; al confronto delle parallassi, al confronto dei diametri, al confronto delle rivoluzioni con le quali hanno un legame unico, ammirabile: cose tutte che andremo svolgendo immantinente. Chi potrà dubitar tuttavia che non possediamo a conoscenza verace delle distanze planetarie?

520. Adoprando incessabilmente il metodo esposto (516), e pigliando sempre il cominciamento dell'anno planetario da una nuova congiunzione, hanno gli astronomi determinato moltissime volte la lontananza dal sole ad ogni pianeta; e questa apparve incostante, o sia diseguale, in diversi punti dell'orbita. A forza di moltiplicare le osservazioni ed i compnti conseguenti, venne lor fatto d'abbattersi nella distanza massima e nella minima. Tosto ne trasser la media, facendo l'aggregato di quelle, e tagliandolo per metà. Quanta non fu l'universal maraviglia dei dotti, allorchè il gran *Keplero* scoperse una relazione identica fra l'anno e la media distanza d'ogni pianeta! Era cosa naturale che il più lontano dal sole spendesse, a girargli d'intorno, tempo maggiore del più vicino. Ma non è poi che a distanza doppia il tempo sia doppio. Altra è la legge che regna, avvegnachè per tutti i pianeti ugualissima. La sagacità di quel grand'uomo vedeva coll'intelletto che una legge comune ci doveva essere. E postosi a rintracciarla, intanto che supponeva così a tentoni or questo, or l'una, or l'altra, avvenne, come a chi cerca con ansietà, che il vero sistema, tra tanti non veri cadutigli in animo, rimase nascosto da un fallo di penna, da un puro abbaglio di calcolo. Ma chi vuol trovare non dee stancarsi: richiamate a cimento con altre ipotesi anche le prime, alla fin fine la buona gli si svelò. Chi può immaginarsi i

trasporti dell' allegrezza di lui, dopo 17 anni di vani e faticosi tentativi? Credea sognare, non sapea credere a sè medesimo; e pur non vedea più che la menoma parte delle magnifiche conseguenze, cavate poscia dal gran segreto, ch' egli primo degli uomini avea strappato dai ripostigli della natura. La legge consiste in questo: *I cubi delle distanze sono proporzionali ai quadrati degli anni planetari.* Ingegniamoci d'appianarla ad intelligenza comune.

321. Prendiamo piccoli numeri a maggior chiarezza e facilità de' computi; e supponiam due pianeti, la cui lontananza dal sole sia di due miglia per l'uno, di quattro per l'altro. Se il primo facesse il giro d'intorno al sole in tre settimane, il secondo dovrebbe compiere il suo in poco men di settimane 8 1/2. Imperocchè il quadrato d' un numero non è altro che il prodotto nascente dal moltiplicare quel numero con sè stesso; ed il cubo d' un numero non è altro che il prodotto nascente dal moltiplicare esso numero col suo quadrato: laonde, a cagion d'esempio, 4 è il quadrato, 8 il cubo del 2. Pertanto i cubi delle distanze supposte sopra, saranno: 8 cubo della distanza 2, e 64 cubo della distanza 4. Il quadrato poi del primo tempo, o sia delle tre settimane, è il 9: il quadrato del secondo, o sia di 8 1/2, è 72 poco più. Ora è verissimo, che siccome il cubo 64 della seconda distanza è otto volte maggiore del cubo 8 della prima, così il quadrato 72 del secondo tempo è maggiore otto volte del quadrato 9 del tempo primo. Tal dunque passa proporzione tra i cubi delle distanze quale tra i quadrati de' tempi. E questa è la legge che osservano di puntino tutti i pianeti, tutti i satelliti, e fin le comete. Un nuovo pianeta fu discoperto nel 1781, e il vediamo obbedire a a quella legge. Lo scopritore adocchiò susseguentemente anche quattro nuovi satelliti, e niuno ardisce scattar dall' impero d' essa pur un minimo chè. Or se le distanze determinate col metodo da me esposto in prima, il quale è affatto indipenden-

dente da quella legge, e fu usato avanti conoscerla, sono tali appunto quali essa ce le amministra, chi non dirà stabilita da tal consenso, e la sicurezza del nostro sapere circa di quelle, e la gagliardia del del sistema copernicano?

522. Tornandosi a mente che la distanza del sole dalla terra serve di base a dedur la lunghezza delle altre che andiamo investigando, comprenderemo di leggieri, passar tra la prima e queste una relazione che può esser rappresentata da numeri astratti; cioè tali che esprimono quante volte una lontananza è maggiore o minore d' un' altra. Per esempio, quella di Giove dal sole va intorno ai quattrocento milioni di miglia, quella della terra dal sole agli 80: tanto si potrà dire la prima 5, la seconda 1; o la prima 50, e la seconda 10; e mill' altre a questo modo. Pigliando numeri alti a bastanza che possano comportare la più minuta esatezza, se dicasi 100000 la distanza della terra dal sole, da questa base ricavansi, con ambi i mezzi già specificati, le lontananze de' pianeti del gran luminare, quali seguono appresso:

Tavola di relazione tra le medie Distanze de' Pianeti dal Sole

Mercurio	38710
Venere	72333
La Terra	100000
Marte	152369
Giove	520279
Saturno	954072
Herschel	1918362

523. Facendo i cubi di questi numeri, e i quadrati degli anni planetari presi dal Capitolo antecedente, ognuno che sappia d' aritmetica, potrà dar la prova alla proporzione statuita dalla legge di Keplero. Contentandoci poi delle prime figure, 4, 7, 10, 15, 52, 95, 191, possiam tenere a memoria un tal qual con-

fronto o scala delle distanze planetarie dal sole. Così facilmente ci sovverremo, quella di Venere esser quasi doppia di quella di Mercurio, o sia come 7 a 4; esser quasi tre quarti di quella della terra, cioè come 7 a 10, esser quasi la metà di quello di Marte, o pur come 7 a 15; e così discorrendo. Anzi chi bramasse una regola facile per voltare in miglia quei numeri 4, 7, 10, ecc., vedrà or ora valer essi un po' più d'otto miglioni di miglia per ogni unità, salvo il primo che vale un po' meno.

324. Ad avere le miglia con precisione, non è mestieri altro che d'operar con la regola aurea. Pigliata la vera distanza dal sole alla terra 81 505 460 miglia (226), e volendo quella, per esempio, di Mercurio si dirà: Se a 100 000, distanza ipotetica della terra, corrisponde la vera di 81 505 460 miglia, a 38 710, distanza ipotetica di Mercurio, quante miglia corrisponderanno nella distanza vera? e si troverà 31 505 770. Collo stesso metodo si rinvengono in miglie le distanze effettive degli altri pianeti dal sole. Come poi s'è veduto (228) che in quella dal sole alla terra può esservi error d'un milione di miglia al più, così essa, che serve di base, comunica alle lontananze de' pianeti una proporzionata incertezza. È dunque supefluo tener conto delle migliaia; e però, contentandoci saper giusto il quantitativo de' milioni, diremo le distanze medie de' pianeti dal sole in milione di miglia essere come segue: Mercurio 31 1/2, Venere 59, la Terra 81 1/2, Marte 124, Giove 424 1/2. Saturno 777 1/2, Herschel 1555.

325. Il maggior fallo che possa nascondersi in questi numeri (e che probabilmente è minore assai), torna in 3/8 di milione per Mercurio, 3/4 per Venere, un milione per la Terra, 1 1/2 per Marte, 6 per Giove, 9 1/2 per Saturno, 19 per Herschel; cioè all'ottantesimo circa d'ogni distanza. Quindi è facile a vedere che tal errore non altera punto la tavola precedente de' numeri astratti (322), la qual tiene il suo fondamento sopra una legge della natura;

mentre l' aggiugnere od il sottrarre a ciascuno un ottantesimo, non toglie che tuttavia non rimanga tra essi la relazione stessissima che hanno al presente.

326. Trovate le distanze medie de' pianeti dal sole è lieve faccenda inferirne le minime, le mezzane e le massime dei pianeti dalla terra. Imperochè nel girare che fanno d'intorno al gran luminare, quando s' abbattono ad essere nella mental muraglia (304) con esso e con la terra, godono della maggior prossimità a noi, se sono di qua dal sole, e della maggior lontananza se sono di là. Per conseguente la differenza tra le distanze, dalla terra al sole e dal pianeta al sole, è la distanza minima del pianeta dal nostro globo: la somma è la massima. Per esempio, la terra è lontana dal sole 81 1/2 milioni di miglia, Mercurio 31 1/2: laonde quando Mercurio tragitta fra il sole e la terra, viene ad esser lontano, da noi 50 milioni di miglia.

327. Che questa sia la distanza minima, ognun può convincersi agevolmente, posando un tondino dentro d' un piatto: vedrà la minor distanza fra gli orli d' entrambi essere quella linea, che prolungata andrebbe al centro; e la distanza maggiore essere quella linea che passa pel centro onde giungere dal lembo dell' uno al lembo dell' altro. Questo secondo esempio figura il caso del sole stante di mezzo tra Mercurio e la terra. Allor la distanza tra questi due corpi è composta da quella della terra dal sole, e da quella del sole da Mercurio; e però la massima lontananza di questo pianeta da noi va a 113 milioni di miglia.

328. Mercurio e Venere sono detti *inferiori*, perchè più vicini al sole di quel che sia la terra; gli altri si dicono *superiori*, perchè più lontani. Quando si tratta de' primi, deesi intendere il sito della terra sull' orlo del piatto, ed il cammino del pianeta sul lembo del tondino; tratttandosi de' secondi, *vice versa*: ed il sole sempre nel centro. Ne segue, la minima distanza d' un pianeta superiore da noi, av-

verarsi nella opposizione, cioè quando la terra si trova di mezzo tra il sole ed il pianeta. Da Giove al sole, per esempio 424 1/2 milioni di miglia, ma dalla terra al sole 81 1/2: dunque allora da Giove a noi 343. In cotal guisa si computano le distanze minime e massime dalla terra ai pianeti; le medie poi si ricavano, come ho detto altra volta (320), tagliando per metà la somma delle minime con le massime rispettive. Eccco pertanto la

Tavola delle distanze de' Pianeti dalla Terra in milioni di miglia.

	Minima.	Media.	Massima.
Mercurio	50	81 1/2	113
Venere	22 1/2	82 1/2	140 1/2
Marte	42 1/2	124	204 1/2
Giove	343	424 1/2	506
Saturno	696	777 1/2	859
Herschel	1373 1/2	1555	1636 1/2

329. Quindi si vede che le distanze mezzane della terra dai pianeti inferiori, non sono diverse da quella del nostro globo dal sole; e che le altre dai superiori equivagliono a quelle, già individuate, in cui son ciascheduno dal gran luminare. Quanto poi alle minime e massime, dobbiamo avvertire che questa tavola non le porge con esattezza assoluta, ma solamente con relativa al supposto ch' ogni pianeta e la terra si rimangano sempre nella loro distanza media dal sole, cioè girino a cerchio d' intorno a lui; il che s' allontana alquanto dal vero. Quando avremo determinato la figura e le dimensioni dell' orbite de' pianeti, allora saremo in grado di presentare con ogni possibile precisione le distanze loro, minime e massime, dalla terra.

330. Ora, se misurando il diametro di Venere nella congiunzione inferiore, il troviam quasi sette volte più grande di quello che a misurarlo nella

congiunzion superiore, a quel modo appunto che la distanza massima 140, la qual corrisponde al secondo caso è quasi maggior sette volte della minima 22, che appartiene al primo: e se misurando il diametro di Marte nell' opposizione, il troviam quasi cinque volte più grande di quel che a misurarlo nella congiunzione; a quel modo appunto che la distanza massima 205, la qual corrisponde al secondo caso, è quasi maggior cinque volte della minima 42, che appartiene al primo, quanto non dee gloriarsi e tenersi salda l' ipotesi copernicana, la qual ricava dal moto della terra le dimensioni delle distanze planetarie con esatta corrispondenza alle osservazioni de' diametri ?

331. Nè siavi alcuno che, ignaro della sicurezza degli stromenti astronomici, prenda sospetto di qualche equivoco ed incertezza in simili osservazioni; oltrechè le differenze da 7 a 1, da 5 a 1 son troppo solenni per lasciar adito a travedere. Esse son tali, che il disco di Marte in opposizione apparisce 23 volte maggiore che in congiunzione; quello di Venere nella congiunzione inferiore, 39 volte maggiore che nella superiore. Venga l'occhio più stupido e rozzo, rimiri e dubiti se può. O almeno chi non viene e non mira, presti fede al consenso di tutti e poi tutti gli astronomi osservatori.

332. Abbiamo ora trovato i diametri in ragione inversa delle distanze, siccome debb' essere per le cose mostrate (231). S' era inoltre provato (209) che le parallassi voglion seguire la stessa ragione. Adunque le parallassi minime de' pianeti debbono corrispondere alle massime lontananze de' medesimi dalla terra; e le massime parallassi alle minine lontananze. Come poi s' è veduto sopra, che le distanze de' pianeti dalla terra si deducono da quelle de' medesimi dal sole, e queste dalla legge di Keplero, così sarà vero quel che dicemmo (221), che le parallassi de' pianeti dipendono, per una certa relazion necessaria, da quella del sole.

333. Sono tre solamente le parallassi planetarie, le quali si posson determinare col mezzo dell' osservazione diretta; cioè quelle di Mercurio e di Venere nella congiunzione inferiore, e quella di Marte in opposizione. Gli altri pianeti, essendo lontani da noi più del sole, le lor parallassi per conseguente sono minori di quella del sole, la qual, come piccolissima, abbisognò di ben venti secoli ad essere valutata con precisione. Risparmiarono pertanto gli astronomi ogni fatica ad investigar per ossarvazione queste parallassi che poi non sono in se stesse d' alcuna importanza, e all' occorrenza si traggono per computo dalle distanze con ogni certezza e minuzia. Sonosi eglino dati a cavar dall' osservazione le altre tre solamente, siccome quelle di cui si giovarono a maraviglia per determinare l' essenzialissima parallasse solare.

334. Cotali osservazioni han recato perfetta conferma alle già scaturite dagli altri due fonti, distanze minime della terra dai tre pianeti sopranominati. Noi possiamo però valerci del calcolo, per dedurre le parallassi corrispondenti alle dette distanze, non essendo ancor tempo di favellare, de' passaggi di Mercurio e di Venere davanti al disco del sole, che sono i fenomeni singolarmente appropriati a stabilir per osservazione le parallassi di tutti e tre questi corpi celesti. Posta di 8 secondi, 7 decimi, quella del sole (220), s' instituisca la proporzione inversa così. La distanza minima di Mercurio dalla terra sta alla distanza del sole dalla terra, come la parallasse del sole alla parallasse massima di Mercurio. Moltiplicando la parallasse del sole 8″ 7 con la sua distanza dalla terra 81 1/2 milioni di miglia, e dividendo il prodotto con la distanza di Mercurio 50, qualmente insegna la regòla aurea, si ottiene 14″ 2 per parallasse massima di Mercurio. Dividendo l' accennato prodotto con la distanza minima di Venere 22 1/2 esce per sua parallasse massima 31″, 5. Eseguendo la divisione con la distanza minima di

Marte 42, 1/2 la sua parallasse massima risulta 16″, 6.

335. Circa queste parallassi convien poi lo stesso avvertimento, dato sopra per le distanze, cioè non esser conformi a capello alla verità di fatto, se non quando il pianeta e la terra, costituiti in congiunzione od opposizione, si trovino al tempo stesso nelle loro distanze medie dal sole.

336. Concorrono adunque la legge di Keplero, le grandezze apparenti de' pianeti e le loro parallassi, con ammirabile consenso ad assicurarci che ben conosciamo, e perfettamente, le distanze de' pianeti dal sole e dalla terra.

CAPTOLO XVII.

Delle Dimensioni de' pianeti.

337. Le dimensioni de' pianeti si scoprono e diffiniscono con que' metodi stessi che abbiamo adoperati nel Cap. XI per trovar quelle del sole e della luna. Non istaremo perciò a ridire le cose ivi sminuzzate. Misurando cogli strumenti il diametro d'un pianeta, si viene a sapere in minuti secondi quanta parte in esso occupa d'una circonferenza, della quale l'astronomo tiene il centro. Che se sia nota daltronde la distanza in miglia dal pianeta all'osservatore, la qual viene ad essere il raggio del detto cerchio, ritraesi tosto con agevole computo la precisa lunghezza in miglia del diametro del pianeta. È poi dimostrato nel citato Capitolo che le grandezze apparenti dei diametri seguono la ragione inversa delle distanze, talchè, per esempio, un uomo in lontananza veduto d'un miglio, pare nell'occhio nostro d'altezza, doppia di quel che a vederlo due miglia discosto. Per tanto ad avere una scala di relazione ne' diametri de' pianeti, o sia a poter compararli uno con l'altro, è mestieri aspettare di misurarli allor quando la distanza loro sia una data,

comune a tutti; e pur conoscendo noi l'effettivo dilungamento nell' atto della misura, questa deve ridursi col calcolo a ciò ch' ella sarebbe nella distanza eletta per modulo, valendoci della mentovata ragione inversa, la quale è infallibile.

338. Esporremo dunque in primo luogo i minuti secondi, esprimenti la lunghezza del diametro d'ogni pianeta secondo che questo diametro pare a noi, allor che il pianeta è lontano dalla terra quant' è la distanza media dal sole da essa, val a dire 81 1/2 milioni con più 5460 miglia (236). Con questi due dati, diametro e distanza, ogn' iniziato in geometria saprà dedurre in miglia le vere e reali larghezze, le conconferenze, le superficie e le solidità, e così riscontrare quelle che produciamo noi susseguentemente. Anzi amandosi d'ordinario paragonare le dimensioni de' corpi celesti con quelle della nostra terra, piglieremo queste dal capitolo IV (88), e i minuti secondi del diametro d' essa, visto dal sole, dal Capitolo XI (242); e le daremo il suo luogo, come altre volte, nell' ordine de' pianeti.

339. Giova bensì premettere qualche avvertenza. L' osservazione su alcuni, l' analogia negli altri fan credere che i pianeti sien tutti, a simiglianza della terra, schiacciati ai poli e rilevati all' equatore, in conseguenza (95) dell' esser tutti rotanti. Venere e Mercurio son da quelli su cui non poterono ancora gli osservatori distinguer figura elittica, o comunque diversa dalla sferica. Siccome in grossezza ed in celerità di rotazione (269), Venere non differisce notabilmente dalla terra, così posto da parte quel che c' è ignoto, cioè il grado d' eterogeneità delle loro masse, possiam crederle non dissimili gran fatto nella forma. Sarebbe perciò troppo tenue il divario dall' asse maggiore al minore, perchè potesse da noi discernersi anche nelle massima vicinità di Venere. Si debbe pur credere non molto grande la differenza degli assi in Mercurio, nè molto rapida la rotazione poichè ambe s' involano tuttavia ai più squisiti istrumenti.

340. Quanto ai pianeti superiori, non sembra rimaner dubbio del loro schiacciamento. In Marte afferma *Herschel* aver osservato la differenza d'un sedicesimo dall' asse maggiore al minore. L'astronomo e i singolari strumenti di lui fan per certo grandissima autorità; ma la lentezza della rotazione di Marte (271), ripugnando ad un sì forte schiacciamento sussiste negli scienziati comune la brama d'osservazioni ulteriori. È patentissima la figura ovale di Giove, siccome è solenne la celerità della sua rotazione (272). Differiscono gli assi d'un quattordicesimo circa; e più precisamente, il diametro minore sta al maggiore, come 69 a 74: laonde il divario monta a 2606 miglia, o in quel torno. La celerità poi della rotazione eccede 26 volte la nostra, da che le parti equatoriali, nella superficie di Giove, corrono 397 miglia in un minuto. Riman veramente non lieve discordia, e sopra la quantità dello schiacciamento e sulla misura assoluta de' diametri, per rispetto a Saturno; ma della causa di ciò renderemo conto allorchè parleremo del maraviglioso anello che lo circonda. Finalmente la gran lontananza di Urano non ha conceduto finora la vista della sua elitticità ad altri che allo scopritore *Herschel* di questo nuovo pianeta, ed egli la annunzia assai grande.

341. Premesse queste notizie, diremo: Che i diametri de' pianeti, contenuti dalla seguente tavola, sono i medj tra 'l minimo e il massimo; che le altre dimensioni son calcolate nella supposizione che il pianeta sia rotondo, non potendone nascer notabile errore dall' adoperare il diametro medio; e per ultimo, che le superficie sono espresse in quadri, e le solidità o sia volumi in dadi, col lato di 100 miglia così negli uni come negli altri.

Dimensioni de' Pianeti.

MERCURIO

Diametro, 6 minuti secondi, 9 decimi, o sia	6″, 9
Il medesimo in miglia	2 727
Circonferenza, miglia	8 666
Superficie, quadri	2 335
Solidità, dadi	10 613

VENERE.

Diametro	16″, 5
Il medesimo in miglia	6 520
Circonferenza, miglia	20 483
Superficie, quadri	13 365
Solidità, dadi	145 123

TERRA.

Diametro	17″ 4
Il medesimo in miglia	6 875 1/2
Circonferenza, miglia	21 600
Superficie, quadri	14 868
Solidità, dadi	170 469

MARTE.

Diametro	9″, 0
Il medesimo in miglia	3 556
Circonferenza, miglia	11 173
Superficie, quadri	3 973
Solidità, dadi	23 551

GIOVE.

Diametro	187 ′
Il medesimo in miglia	73 893
Circonferenza, miglia	232 142
Superficie, quadri	1 715 364
Solidità, dadi	211 255 630

SATURNO.

Diametro	172″
Il medesimo in miglia	67 966
Circonferenza, miglia	213 521
Superficie, quadri	1 451 209
Solidità, dadi	164 387 450

HERSCHEL.

Diametro	75″
Il medesimo in miglia	29 636
Circonferenza, miglia	93 108
Superficie, quadri	275 928
Solidità, dadi	13 629 106

342. Le solidità d'un pianeta e della terra se sieno divise, la maggiore dalla minore, risulta esser la terra 16 volte più grossa di Mercurio, di Venere poi solamente un dodicesimo, e di Marte 7 volte; all'opposto, esser dessa ben 1241 volte più piccola di Giove, 966 di Saturno e 80 di Herschel. Tiene ella dunque in grandezza il posto di mezzo infra i pianeti finor conosciuti, essendo minore di tre e maggiore di tre: quanto poi alla distanza Sole, non le fu impartito il luogo di mezzo, ma sta dopo due e innanzi quattro.

343. Indaghiamo ora a che montino gli errori possibili nelle precedenti dimensioni. Basterà investigarli nel diametro, giacchè da questa si traggono tutte le altre. Due sono i fonti d'errore: uno sta ne' piccioli inganni dell'istromento o dell'occhio nel prendere la misura; e questo svanisce quando le osservazioni sono concordi o numerosissime. L'altro deriva dall'incertezza, che può esservi sul quantitativo della distanza dal sole a noi, dalla qual si deduce quella che v'è dal pianeta, indi col mezzo di questa si converta in miglia la lunghezza del diametro, osservata in minuti secondi. Vedemmo (228) non poter l'accennata incertezza esser maggior d'un milione di miglia, cioè d'un ottantunesimo, o più esattamente di 10/815 della distanza 81 1/2 milioni. In ogni diametro de' pianeti in miglia potrà dunque esservi per tal causa l'ambiguità di 1/81 del valore. Quanto poi alla prima classe d'abbagli, dipendente dall'istromento e dall'occhio, nulla si può statuire ancora in riguardo a Marte, Giove e Saturno. Bensì per Mercurio le osservazioni godono tanta concordia, che non ammette possibilità d'errore maggiore di

1/17. Sommate insieme per tanto la diciassettesima con l'ottantunesima parte del diametro di Mercurio, sappiamo che l'incertezza totale può ascendere al più a miglia 193. Similmente il diametro di Venere si misura con tanta puntualità, negli incontri dei suoi passaggi davanti al disco del sole, che non è permesso dubitar d'altro che di 1/66. Questo accoppiato all'1/81, circoscrive il maggior fallo possibile dentro miglia 179. Finalmente, rispetto ad Herschel, il suo scopritore assicura non poter esser maggiore di 1/16 l'esitazione sul diametro: or questa quantità, congiunta alla solita di 1/81, compone il dubbio totale di miglia 2216.

CAPITOLO XVIII.

Del Moto annuo della Terra.

344. Eleggasi una stella tra le cospicue un'ora dopo colcato il sole, badando a non prender in fallo un pianeta, che già insegnammo a distinguerli (266). Sia essa dalla banda di ponente, e sia tale che vada nel corso della notte a tramontar poco lungi dal sito ove scese il sole. Seguitando a guardarla ogni dì all'ora stessa, molti non passeranno che il veditor non s'accorga essersi quella stella appressata al sole; e ciò procedere di continuo, tanto che finalmente non la potrà egli discernere, per lo soperchio splendore che regna di verso il gran luminare. Ciò nondimeno è certissimo che la stella non s'è mai rimossa nè punto nè poco dal proprio luogo nel cielo: di che ciascuno si può di leggieri capacitare ponendo mente come le stelle non mutano mai le loro distanze mutue, nè i punti dell'orizzonte ove sorgono o cadono. All'incontro, la distanza *angolare* (62) del sole dalle stelle, cioè per quel verso che i nostri sensi la possono apprendere, si cangia ogni dì; del pari che i punti dell'orizzonte ne' quali accade l'orto e l'occaso del sole. Sembra venir di legittima conseguenza, lui

essere che si muove, non già le stelle; lui essersi avvicinato alla stella da noi presa di mira, non già la stella lui. Tale in vero è il giudizio che dee pronunciarsi, quando per altro si presupponga che l'osservator si rimanga fermo nello spazio celeste. Ma v'è tra i possibili un caso, in cui le apparenze sarebbero quali sono, quantunque nè il sole nè le stelle si movessero punto; ed il caso è, se quel moto, che da noi s'attribuisce al sole, fosse anzi della terra, ma per verso contrario. Venga meco il lettore: aiutiamoci d'un esempio.

343. Fingo essere sulla sponda d'un fiume, e guardando la opposta, aver dirimpetto la luna che appunto s'alza dall'orizzonte. Da lato, ed alquanto lungi, è una barca che, lentamente scendendo con la corrente, arriva a passare tra me e la luna. I miei raggi visuali, che venivano sul principio dal bastimento e dalla luna, divergevano l'un dall'altro notabilmente, nella qual divergenza consiste la distanza angolare dei due obbietti. A misura che la navicella si appressa, anche il raggio visuale procedente da essa viene accostandosi all'altro, come se il vascelletto si avvicinasse alla luna. La distanza angolare va dunque via via scemando finchè s'annienta; adagiandosi i due raggi, per così dire, l'uno su l'altro allorquando il navilio perviene ad essere giustamente di mezzo tra me e la luna. Intanto la lontananza, per linea retta dal bastimento alla luna, nè soffre alterazione sensibile, nè qui si considera punto, ove osservansi unicamente le variazioni della distanza angolare. Or queste sarebbero avvenute del pari, nè più nè meno, se, stando ferma la barca nel primo suo posto, io mi fossi avviato alla volta di quella lunghesso il margine, insino a trovarmi dietro il navilio, relativamente alla luna. Suppongasi ora una stella in luogo della luna, il sole in vece del bastimento, e le apparenze saranno le stesse, o muovasi il sole o si muova l'osservatore per direzione contraria. I nostri sensi per tanto non sono

capaci a decidere cotal dubbio; e tutti coloro i quali attribuiscono il moto al sole e la quiete alla terra, per la sola ragione che gli occhi lo attestano, sono simili a quel fanciullo, che dal finestrin d'un vascello ov'entrò per la prima volta, crede, e nessun può torgli di capo, che le rive camminino; sono simili a quel giovanotto, il qual corre, ed è persuaso che la luna, cui mira sempre dal lato stesso, lo segniti; sono simili all'uom maturo, il qual giudica più ampio il disco lunare, quando la luna è vicina all'orizzonte, che quando si trova nell'alto del cielo, sebben la realtà del fatto stia giustamente al contrario. Adunque non già col testimonio fallace degli occhi, ma col rigido esame dell'intelletto, si dee pronunziare sulla gran lite: Se quel moto sia veramente del sole, oppur della terra; e questo è lo scopo del presente Capitolo.

346. Piglieremo principio rimemorando che il movimento de' pianeti ha relazioni stringenti, decisive, cospicue col sole, e nessuna con la terra, siccome è reso manifesto nei Capitoli XV e XVI. Che se il sole, non giace puntualmente nel centro degli orbi planetarj, non però se ne scosta enormemente; ma dell' eccentrica sua situazione v'è anzi una ragion fisica solenne, poichè vedremo a suo tempo che s'ei risedesse nel centro, il moto de' pianeti sarebbe circolare ed equabile; due condizioni che la natura ripudiò, siccome testifica il fatto. All' incontro, la terra è costituita in distanze esorbitanti dal centro dell' orbe d' ogni pianeta; trattandosi nulla meno che di milioni di miglia ben 80. Tanto che avvien perfino, che due pianeti, Mercurio e Venere, lasciano la terra fuor da quell' ambito che descrivono intorno al sole (Cap. XV). Posto dunque per dimostrato (Capitoli XV, XVI) che tutti i pianeti accerchiano il sole; e tornandoci a mente, lui essere nella mole disparatamente maggiore d' ognun di loro (Capitoli XI, XVII), notiamo in prima, quanto il buon raziocinio si appaghi di questa economia; che i corpi

minori si volgano intorno al maggiore; e che questo in maestosa quiete, con le sue forze attrattive preponderanti trattenga i minori nel proprio dominio e nelle rispettive lor vie.

347. Osserviamo secondariamente, che, concedendo il girar del sole d' intorno alla terra, bisogna di necessità supporre ch' ei tragga seco il corteggio di tutti i pianeti e de' lor satelliti, e sino delle comete; mentre veggiamo che le posizioni di tutti questi corpi celesti non ricevono alterazion da quel moto onde par che il sole circondi la terra. Tale supposizione (sia detto con pace del gran Ticone) dee per certo suscitar ripugnanza in ogni sano intelletto, dovendosi ammettere, che un corpaccio stranamente maggior della terra (243), non solo abbia l' incombenza di volteggiare d' attorno a quest' atomo, che l' occhio umano discernerebbe appena stando nel sole (24), ma di condurre anche seco in simil torneo tutti gli astri, che del suo lume e calore s' avvivano, e nel cui stuolo ve ne ha pur tre, di gran lunga più grossi del nostro piccoletto abitacolo (342). E tutto questo rigiramento, senza che dar se ne possa un filo di ragion sufficiente. Imperocchè dal circuito del gran luminare d' intorno alla terra altro effetto non nasce se non se il cangiamento delle nostre stagioni; il qual certo non avverrebbe se l' uno e l' altra se ne stessero fermi in un luogo; ma ogni paese avrebbe perpetua quella stagion che portasse la situazione di esso in riguardo al sole, e chi volesse godere d' altra stagione bisognerebbe che mutasse dimora. Or siccome a produrre l' alternamento delle stagioni, qual lo proviamo, niun può negare che tanto vaglia il girar del sole d' intorno a noi, quanto il girar della terra d' intorno a lui; così la semplicità che risplende in tutte le opere della natura non permette pensare, senza ingiuria dell' Autore di lei, che ad ottenere l' effetto delle varie stagioni abbia egli scelto il moto annuo d' un centinaio di globi,

val a dire del sole, de' pianeti, de' satelliti e delle comete, quando bastava uno solo, cioè quel della terra d'intorno al sole.

348. E qual mai difficoltà debbe aversi a concedere al nostro globo quest' annuo moto? Volgonsi attorno al sole tre pianeti, sommamente più grandi della terra; qual impedimento osterà alla conversione di lei? Ella nuota nello spazio com' essi; è corpo opaco come essi; è di forma com'essi, tirante allo sferico: non v' ha ragion fisica escogitabile che ripugni al suo correr pel vôto de' cieli. Parmenide, della setta eleatica, sosteneva 1300 anni fa, la terra esser ferma nel centro del mondo; dandone per ragione il vederla sospesa nell' aria, senza precipitar da veruna banda; laond' era mestieri che le sue parti non avessero ragione sufficiente di pendere per un verso più che per l' altro. Questo fu il primo lampo dell'attrazion neutoniana che balenò nell' umana mente; ma ben può dirsi più corta d' una spanna la vista di lei, se Parmenide non s' avvide che ogni astro dovea giacer, per lo stesso motivo, nel centro del mondo. Or dove sarà poi da creder che sieda il centro predominante? Forse in un dei più piccoli corpi celesti, o pur nel grandissimo? Forse in quello d' intorno al quale tutti i pianeti s' aggirano, e in tempi e distanze subordinate ad una legge comune (320), o pur nella terra, la qual vede i pianeti or da lei dilungarsi molto, ed ora accostarsi, senza ordine, senza legge, senza relazione immaginabile tra essa e loro?

349. Ma che dico, senza ordine? Doveva anzi dir, con disordine, e propriamente mostruoso. Il moto de' pianeti, riguardato dalla terra, offerisce tali stranezze, che tutt' altro concetto doveva partorire fuorchè quello di crederla centro de' loro andamenti. Per lo più tu li vedi, egli è vero, solcare i cieli da occidente verso oriente; ma quel capriccio entra in loro di tanto in tanto, onde volgersi e ritroceder non breve tratto di strada, pel corso di giorni e di set-

timane, e taluno ben anche di cinque mesi continui? Poi qual pazzo variar di velocità? Talora li miri correre a briglia sciolta, talora far dello stanco, per modo che già sembrano immobili. Chi avrà senno, e attribuirà alla natura sì fatte stravaganze, inconciliabili al certo col moto circolare, che pur fu l'idolo degli antichi per tanti secoli? Imperocchè il muoversi de' pianeti non può essere senza impulso ricevuto; e da un impulso una sola direzione può nascere: come possono stare a vicenda direzioni contrarie? E quando l'impulso è vibrato, e quando è avviato il moto concepito, onde vien che in progresso cotesto moto si acceleri, si rallenti e s'annichili; e dopo esinanito, onde viene la nuova spinta che il fa rinascere?

350. Tutte queste stranezze, che diedero tanta briga all'ingegno umano, diventano il più bell'ordine pel mondo (maraviglioso trovato), sol che si ammetta la quiete del sole, ed il moto annuo della terra d'intorno a lui con la stessa legge di quello de' pianeti. Per intendere come avvenga che li miriamo or procedere ed or ritrocedere, non incresca al lettore trar della tasca l'oriuolo; e postoselo dinanzi sur un tavolino, per guisa che l'indice de' minuti sia volto direttamente contro di lui, osservi come quell'indice avanza dalla sinistra, per lo spazio di un quarto d'ora; poi, seguitando il suo giro, si va a poco a poco volgendo verso la destra, ed a quella più e più s'innoltra e s'indrizza, per il corso di mezz'ora; trapassata la quale, va di nuovo mutando la sua direzione, e tenendo quella da diritta a manca per altrettanto tempo; e così a vicenda mai sempre. Or ponghiamo che il centro della mostra sia il sole, la punta dell'ago de' minuti sia Venere o Mercurio, e l'occhio del paziente lettor sia la terra; che con tal ordine appunto stanno le cose nella natura; poichè abbiam veduto (Cap. XV) che la terra riman di fuori dell'orbita cui descrivono i mentovati pianeti d'intorno al sole. Se questo è fermo, siccome

è il centro della mostra, cessa ogni maraviglia al vederli andare or da dritta a sinistra, ed or da sinistra a destra; poichè non ha pur sembiante di così fare la punta dell'indice dell'oriolo, sebbene in fatto ella vada continuamente innanzi e non ritroceda mai? Or queste apparenze succederannosi parimente, ma sol con più larghi intervalli, se il riguardante cammini attorno al tavolino, seguitando a rilento il moto dell'ago, sicchè questo il raggiunga e trapassi, a quella guisa che, giusta il Copernico, la terra si muove d'intorno al sole, pel medesimo verso e con minore celerità di Mercurio e di Venere.

351. Adesso, a capir con egual chiarezza, così le fermate o sia stazioni, come le differenze estreme di velocità di questi due pianeti, ci gioveremo d'un'altra comparazione, che varrà ad immagine più espressa dell'ipotesi copernicana. Ponghiamoci in alto mare a vista d'un'isoletta, e il viaggio del nostro navilio tenda a circuirla. Ecco sopraggiunger di mezzo altra nave più lesta, che ha il medesimo scopo, d'accerchiare quell'isola. Poichè ambe le prore s'avanzano con la stessa direzione, l'isoletta sarà coperta a' nostri occhi dall'altro vascello, per tratto più lungo di tempo che se navigasse con direzione contraria alla nostra. Nel primo caso, che chiamerem della *congiunzione inferiore*, secondando noi il moto dell'altra barca, questo ci comparisce men rapido del vero, non cadendoci sotto i sensi altro che la differenza delle celerità; nel secondo caso, uno andando, uno venendo, i due bastimenti si fuggon in ragion della somma delle loro velocità; e quindi il ricontro dei due navigli, per linea retta con l'isola, si spaccia in un attimo, in un baleno. Or questa seconda apparenza, cui darem nome di *congiunzion superiore*, verrà a succedere appunto, quando il legnetto più snello correndo avanti, sia pervenuto oltre l'isola, rispetto a noi; poichè allora il suo moto sarà per verso contrario al nostro. Ma prima ch'esso giunga a quel punto opposto, anzi molto più da vicino alla

congiunzione inferior trapassata, di quello che alla superiore futura, interviene un'altra combinazione, val a dire, che quel navilio, avanzando di fianco relativamente al nostro cammino, sembrerà agli occhi nostri non muoversi punto; di sorta che, se vi fosse da lungi un'altra isolètta dirimpetto alla prora d'esso navilio, il vedremmo restare su quella dirittura per qualche spazio di tempo; così portando la corrispondenza degli andamenti dei due vascelli.

352. Sia per tanto la prima isola il sole, il nostro bastimento la terra, e quell'altro rappresenti Venere e Mercurio. A quel modo che i due bastimenti van sempre avanti, nè mai ritrocedono, così fanno precisamente e la terra e ciascun de' pianeti testè nomati. Come poi le costellazioni dello zodiaco son registrate dagli astronomi con quell'ordine, col quale appariscono in cielo, procedendo da dritta a sinistra, così chiamiamo *diretto* il moto del pianeta, quando va per quel verso; il che succede qualor si trova di là dal sole, cioè nelle parti della congiunzion superiore. Allora il suo moto a noi par rapidissimo, poichè la terra va a destra e il pianeta a sinistra, onde apparentemente si fuggono l' un l' altro, quantunque realmente s' inseguano; e questo è il caso dell'isola, interposta tra i due vascelli. Vien poscia il pianeta accostandosi alla congiunzione inferiore, in cui dee far tragitto tra mezzo al sole ed alla terra, ed allora il suo moto, relativamente a noi, è per verso contrario a quello della congiunzion superiore; vien dalla nostra manca per trascorrere alla diritta; a giudizio degli occhi nostri ei va dunque contro l' ordine delle costellazioni, e chiamiamo il suo moto *retrogrado*. Ho detto *a giudizio degli occhi nostri*, poichè tal non sarebbe per chi stesse nel sole, donde vedesi ogni pianeta andar sempre secondo l' ordine delle costellazioni. Ma perchè nè Mercurio nè Venere non solcano mai quelle regioni celesti che abbiam dopo le spalle in guardando il gran luminare, perciò li paragoniamo sem-

pre alle costellazioni che trovansi da una parte sola, cioè dinanzi di noi qualor tenghiamo la faccia volta verso essi: e così il lor cammino ci pare or diretto ed ora retrogrado.

333. Ne' pianeti superiori, Marte, Giove, Saturno, Herschel, facilmente s' intende il variar delle velocità. Quando sono di là dal sole il loro moto ci appare diretto e più rapido, accadendo ogni cosa come s' è detto pei pianeti inferiori, Mercurio e Venere. Quando poi sono alle parti dell' *opposizione* (305), cioè quando la terra è di mezzo tra essi ed il sole, allora a mirarli è d' uopo volgere a questo il dorso; e così stando noi, li vedremmo andar sempre collo stesso moto diretto da dritta a sinistra, e secondo l' ordine delle costellazioni, se la terra si stesse ferma; ma andando essa con egual direzione, e con moto più celere di loro, ne nasce che restano indietro da lei, e così il loro moto ci comparisce *retrogrado*. Saltiamo dall' uno nell' altro de' due navigli, cioè in quello che naviga più da presso all' isola, e con celerità maggiore: sia questo la terra, sia l' altro il pianeta: e potremo agevolmente raffigurarci tutte le apparenze dei movimenti de' pianeti superiori.

334. Mancano solo da esemplificar le stazioni; nè in questo è d' uopo distinguer gli uni dagli altri. Il fenomeno della stazione succede quando il pianeta e la terra s' avanzano d' uno spazio eguale in apparenza; come se un uomo traversasse una strada per la linea più corta ed un altro la traversasse nel tempo medesimo con più veloce passo per linea obbliqua e più lunga. In tali casi il pianeta, allo sguardo nostro, ha sembiante d' essere immobile; poichè il nostro raggio visuale non muta direzione nella profondità de' cieli, ma quello d' oggi è paralello a quello d' ieri. Le facciate delle case da un lato si dicono paralelle con quelle dall'altro, sinchè la strada è ugualmente larga. Or ponendo che due muraglie sien così paralelle, ma pur distanti l' una

dall' altra anche un miglio, anche dieci, e più ancora d' assai; se traguardando lunghesso la superficie dell' una, ti vien veduta una stella appuntino su quella dirittura, sarà pur veduta nel medesimo istante per la dirittura dell' altra muraglia, con la stessa puntualità nè più nè meno che se que' muri fosser vicini un palmo od un' oncia. Nasce cotal effetto dalla smisurata lontananza delle stelle; perciocchè le larghezze si stringono sempre, a giudizio degli occhi, quanto più sono scórte di lontano; e così una lunga strada, stando tu dall' un capo, ti sembra esser quivi molto più larga di quel che nell' altra rimota estremità. Noi non possiamo discernere il moto d' un pianeta se non per comparazione alle stelle (302): quand' ei non cangi sito respettivamente ad esse, dobbiam crederlo immobile com' elle sono; e ciò succede tutte le volte che i moti della terra e del pianeta si combinano in guisa da farci vedere continuamente il pianeta sulla dirittura di una medesima stella. Allora il raggio visuale, il qual vien dal pianeta alla terra, cammina paralello a sè stesso, come avvien ne' due uomini che passassero contemporaneamente dall' una all' altra muraglia delle summentovate, l' uno per la linea più corta, l'altro per linea trasversale. Se uno di questi facesse quel tragitto dormendo, e non sapesse d' averlo fatto, terrebbe per fermo non essersi l'altro uomo pur mosso minimamente. Così dormono di ferreo sonno i Tolemaici, mentre la terra con passo velocissimo solca gli spazi celesti. Assentano a questo moto, ed immantinente le stazioni dei pianeti, che senza d' esse sono incredibili o inesplicabili, diventano apparenze naturalissime, e le più facili del mondo ad intendersi.

355. Si sforzarono in vero Tolomeo e Ticone ed i loro seguaci, d' immaginare un sistema di cose, il qual conciliasse le apparenti stranezze planetarie, con la voluta a ogni costo immobilità della terra nel centro del mondo. E sebbene a concederle il moto non ripugnasse nissuna assordità fisica, non però di

meno si diedero a fabbricare di fantasia una moltitudine illimita d' ipotesi, delle quali non v' ha pur una di cui abbian potuto produr ragion fisica almen plausibile.

356. Cominciarono dunque dal chiuder la terra dentro degli orbi di tutti i pianeti, niuno eccettuato. Indi vollero ad ogni patto che questi orbi fossero cerchj, e la ragion che li mosse a voler così, fu l'aver sentenziato di loro capo, la figura circolare esser la più perfetta; quasi che disdicesse alla natura la libertà di valersi d' altre figure: ragion metafisica tanto assurda, quanto che in tutte le opere innumerabili della natura, non ce ne ha forse alcuna che sia sottomessa alla schiavitù delle forme regolari; e cercheresti indarno un sasso, una pianta, una foglia, un frutto, una montagna, una valle o qual altra cosa ti piaccia, che sia puntualmente rotonda o quadra, o pentagona o simili. Tolomeo, seguitando la più parte degli antichi filosofi, avea principiato dal metter la terra nel centro de' cerchj delle orbite planetarie. Ma perchè il moto circolare non può concepirsi altro che uniforme, cioè uguali in tempi uguali; perciò veggendo i pianeti muoversi or più veloci, or più lenti, fu costretto declinare da quell' ipotesi, e mise i centri dell' orbite planetarie alquanto remoti dalla terra, non però tanto che questa non fosse dentro di tutte. Imperocchè diceva argutamente: Se il centro dell' orbita sia staccato dal globo terrestre, il pianeta, scorrendola, troverassi or vicino or lontano da noi, ed il moto di lui, comechè uniforme, sembrerà agli occhi nostri più rapido, quanto il pianeta ci sia da più da presso; più lento, quanto il pianeta ci sia più discosto. A quel modo che un uomo il qual corra a tutta possa, in una certa lontananza da noi, diremmo che appena si mova. Questa è l' unica ipotesi che onorerebbe il Tolomeo s'ei non l' avesse adoperata a rovescio e con soverchia pusillanimità. In cambio di cavar fuori dalla terra i centri dell' orbite planetarie, bisognava rimover lei,

non pur da essi, ma ancora dal centro del mondo. Ei già s' era indotto a togliere la prerogativa, goduta per secoli e secoli nella general credenza d'esser il centro de' movimenti celesti; qual delirio ostinarsi a qualificarla tuttavia per centro del mondo! Non son forse i pianeti una parte del mondo, ed una parte principalissima? Giocoso concetto in verità, seguitar a tenere per centro del mondo quel corpo che non è centro dell' orbite dei pianeti! Disgiungendo dalla terra i centri di queste, comechè grandemente manco di quel ch' era d' uopo, venne fatto al Tolomeo d' appagare a qualche modo le varietà più solenni della velocità de' pianeti; ma l' estinzione del moto, ma il mutar direzione per verso contrario, val a dir le stazioni e le retrogradazioni, rimanevan tutt' ora inesplicabili.

357. Qui Tolomeo si cavò d' impaccio col metter mano ad un' altra ipotesi degli antichi, la qual dai proseliti loro si decanta come uno sforzo, e ch' io non dubito intitolare un abuso d' ingegno. In cambio di far girare il pianeta per l' orbita sua circolare, cui pose il nome di *deferente*, lo fece andar per un altro cerchio, appellato, *epiciclo*, che avea sempre il centro nella circonferenza del primo. Una similitudine può osservarsi nella struttura degli orologi: ogni ruota corrisponde col proprio centro alla circonferenza d' un' altra, imperocchè l'asse della prima porta un rocchetto che investe i denti della seconda. Se queste ruote non fossero di metallo o di legno, ma fossero d' aria, come le ipotesi di Tolomeo, potrebbe il centro della prima, la qual rappresenta l' epiciclo, star sul circuito della seconda, dalla qual è figurato il deferente. Immaginiamoci ora che il pianeta sia un dente dell' epiciclo. Aggirandosi questa ruota, andrà anche il pianeta d' intorno al centro di essa: infrattanto la ruota non deve stare, siccome nell' orologio, coi perni incastrati nelle loro cellette, ma dee camminar tutta intera lungo la circonferenza del deferente. L' epiciclo ha dunque due movimenti, uno di rotazione, cioè intorno al proprio

asse, come ogni ruota dell'orologio; l'altro di traslazione lungo la circonferenza del deferente, come se l'orologio fosse portato d'intorno a questa. A intender più chiaramente questo secondo moto, poniamo che l'indice de' minuti d'un oriuolo, in vece di terminar in punta, finisca in un anello, e che questo venga a riferir col suo centro sovr' una di quelle circonferenze che racchiudono i segni dei minuti. Figuriamoci che mentre l'indice porta seco l'anello, questo abbia in sè un altro moto, per cui, senza separarsi dall'indice, s'aggiri d'intorno al proprio centro a quella guisa che fa ogni ruota d'oriuolo: la circonferenza dei minuti rappresenterà il deferente, quella dell'anello l'epiciclo, ed avremo una chiara idea dell'ipotesi tolemaica.

358. Ne viene di conseguenza manifesta, che il pianeta girando intorno al centro dell'anello, per mezza circonferenza di questo, seconderà il moto di traslazione dell'anello sul deferente, e per l'altra mezza andrà per verso contrario. Adunque la terra, situata fuori dell'epiciclo, vedrà il pianeta, nel primo caso, accelerare il suo moto, siccome composto dalla somma de' movimenti di traslazione e di rotazione dell'epiciclo; a quel modo che un uomo, il qual corra da poppa a prora dentro una nave che viaggia, fa realmente maggior cammino che se la nave stesse ferma. La terra poi nel secondo caso, vedrà il pianeta ritardar il suo moto o perderlo affatto, o ritroeedere, secondo che il viaggio del pianeta per l'epiciclo sarà minore, eguale o maggiore del viaggio contrario dell'epiciclo sul deferente; in quella guisa che un uomo, il qual corra da prora a poppa, sarà in quel mentre portato in realtà poco avanti dalla nave se questa cammini poco più di lui; non sarà portato nè avanti nè indietro, s'ei corra tanto quanto il naviglio; ed avrà veramente retroceduto, s'ei vada più celere del vascello.

359. Supponendo pertanto la girazion del pianeta sulla circonferenza dell'epiciclo, quella dell'epiciclo

sulla circonferenza del deferente, e la terra situata fuori dell'epiciclo, e dentro del deferente, ma non nel centro di questo; si posson benissimo rappresentar le stazioni, le retrogradazioni, e le principali disuguaglianze nella celerità de' pianeti. Ma perchè tutte queste apparenze si spiegano parimente, e anzi meglio, con l'ipotesi copernicana del moto annuo della terra, rimàn da vedere se il sistema immaginato dal Tolomeo possa essere veramente quello prescelto dal sapientissimo Autore della natura.

360. La prima contraddizione del Tolomeo con sè stesso è quella che abbiam già recata, di far la terra centro del mondo, e non centro dell'orbite de' pianeti.

361. La seconda sarà di far movere i pianeti, non più sull'orbite loro, ma intorno altri cerchj, appellati epicicli. *Orbita* d'un pianeta non altro significa se non la strada battuta dal pianeta nell'anno suo. Or se il pianeta non cammina egli stesso per la circonferenza del deferente; dunque il deferente non è più l'orbita. E se la via del pianeta non è la circonferenza dell'epiclico, questa è dunque l'orbita vera e propria del pianeta. Ma la terra sen giace fuori degli epicicli de' pianeti: dunque i pianeti non girano intorno la terra; dunque l'essenza del sistema tolemaico è annientata dall'ipotesi degli epicicli.

362. La terza contraddizione sarà: se a fuggir la seconda si voglian considerare insieme i due moti del pianeta, uno proprio intorno all'epiciclo, l'altro comune coll'epiciclo intorno al deferente; ne nascerà che il pianeta con questo moto composto, il qual viene ad essere il moto totale di lui negli spazi celesti, non descriverà più un cerchio. Come possono dunque conciliarsi la pertinace sentenza degli orbi circolari, ed il viaggio de' pianeti non circolare?

363. A salvare questa obbiezione adduccasi che tutto lo spazio celeste, abbracciato dall'epiciclo, si dee riputare d'un pezzo solo, costituente la sfera del pianeta; ed allora il moto di tutta la sfera in-

sieme viene a riuscir circolare d'intorno al centro del deferente. Ma qui sorge la quarta assordità, non essendo possibile concepire d' un pezzo solo una sfera di puro cielo, vòto d' ogni materia che ne connetta le parti. Nè alcun lettor mai pensasse che qui si tratti, per avventura, di piccole porzioni celesti. L' epiciclo di Mercurio sarebbe una sfera del diametro di 63 milioni di miglia, quel di Venere di 118. Gli epicicli de' pianeti superiori sono poi tutti eguali, ed han ciascheduno 163 miglioni di miglia di diametro. E queste son le sferette d' un pezzo solo, comunque invisibili ed impalpabili, che l' onnipotenza dei Tolemaici ha creato dal nulla.

364. La quinta contraddizione sarà, il negare che Venere e Mercurio s' aggirino intorno al sole; mentre questo, non allontanandosi mai gran fatto dei centri de' loro epicicli, il moto di que' pianeti per queste cinconferenze è giramento puro e pretto d'intorno a quell' astro.

365. La sesta contraddizione consiste: nell' essere gli epicicli di Venere e di Mercurio grandemente diversi, e il deferente ugualissimo; mentrechè, pel contrario, gli epicicli di Marte, Giove, Saturno, son tutti eguali, e nei lor deferenti vi corrono sterminate disparità. Perchè tanta discrepanza di sistema in corpi della medesima specie? La discrepanza è poi in aperto a chi voglia gittar lo sguardo sulla tavola delle distanze dai pianeti alla terra in milioni di miglia (328). Quivi le distanze medie sono i semidiametri dei deferenti: la differenza poi tra la minima e la massima distanza è il diametro d' ogni epiciclo. Di che ognun potrà leggermente capacitarsi, se, tornando all' esempio dell'oriuolo, e ponendo coi Tolemaici la terra giacer presso al centro della mostra, rifletterà che quando il pianeta perviene alla parte più alta dell' anello, allor si dilunga il più dalla terra; e quando arrivi alla parte più bassa, allor si dilunga il meno: la differenza delle due lontananze è appunto il diametro dell' anello.

366. La settima ripugnanza si è che il sole nell' annua supposta sua girazione d'intorno alla terra, dovrà passare per l'epiciclo di Marte; giacchè la parte inferiore di questo epiciclo è lontana da noi solamente 42 1/2 milioni di miglia, e la superiore 205 1/2, mentre che il sole ci sta da lungi 81 1/2. Ora la sfera di Marte compie il suo giro d'intorno alla terra in mesi 22 1/2; il sole in 12. Questo luminare dee dunque raggiugnere quella sfera ad ogni due anni circa. Or come potrà la gran mole del sole passar pel ventre di essa, quando fosse vero ch'ella sia d'un pezzo solo? Imperocchè durando il transito quasi sei mesi, per tutto questo tempo il corpo solare ed una porzione uguale dell'epiciclo di Marte saranno compenetrati insieme, val a dire occuperanno entrambi uno stesso spazio, il che de' corpi è impossibile. Non ha dunque la sfera di Marte alcuna proprietà che la distingua dal puro spazio, vôto di ogni materia, e incapace di legame tra le sue parti.

367. Finalmente l'ottava contraddizione sarà: se la quarta e la settima provano chiaramente le sfere de' pianeti esser macchine immaginarie, come potremo supporre che v'abbia qualche ragion sufficiente, perchè un pianeta si volga d'intorno ad un punto fantastico, qual è il centro del suo epiciclo? Più: il moto non può attribuirsi che alle sostanze; lo spazio è di sua natura immobile: come dunque quel centro, ch'è un punto mentale dello spazio, si moverà d'intorno ad un altro punto consimile, qual è il centro del deferente? Sì fatti punti, del tutto privi d'ogni tributo delle sostanze, come avranno possanza di tenere obbligati que' movimenti attorno di sè? Che strana dottrina è mai questa! Corpi reali, potentissime moli, che tendono a punti fittizi! Punti fittizi, dotati di moto, e capaci di tirar seco potentissime moli, comechè separate da essi a distanze immense! E moti, infine, di cotai punti immaginari tendenti ad altri punti immaginari!

368. Ma una congerie così mostruosa d'assurdità

fisiche valeva poi ella a ottenere l' intento d' esplicare i fenomeni pienamente? Legga l'*Almagesto* del P. Riccioli chi vuol vedere quante eccezioni, quant' altre ipotesi bisognano ancora per accostarsi a rappresentare in qualche modo le celesti apparenze. Sì, *in qualche modo*; poichè il medesimo autore, quando imprese a distendere nella sua *Astronomia Riformata* le tavole de' moti celesti, non potè mai venir a capo di renderle mediocremente concordi con le osservazioni, se non giovandosi, in atto pratico, del moto annuo della terra secondo l' ipotesi copernicana (*Dechales in mundo mathem.*) quantunque da lui combattuta col discorso ad ogni possa. Nè il *mediocremente* deve imputarsi a difetto di questa ipotesi, ma bensì delle cognizioni di quel tempo in cui essa non era per anco stata collegata col sistema nentoniano dell' attrazione universale.

369. Tante sono le difficoltà a far quadrar colle osservazioni il sistema tolemaico, che i propugnatori di esso furon costretti ricorrere a più altri epicicli. Il centro del secondo dovea camminare per la circonferenza del primo; il centro del terzo su quella del secondo; e così successivamente. Il pianeta era confinato a passeggiar lento lento nella circonferenza dell' ultimo. Di questo modo, a rappresentare un po' meglio il vero andamento de' pianeti, qual traluceva dalle osservazioni, bisognava, per ogni pianeta una dozzina di sfere immaginarie, ciascuna delle quali dovea dottamente aggirarsi attorno ad un punto diverso, questi punti essendo fittizi, e così privi d' essenza, come il sistema di ragion fisica. A vista di tanta farraggine di pezzi nella struttura mondiale, corrucciato altamente Alfonso X, re di Castiglia, soprannomato il Saggio, e versatissimo nell' astronomia, proruppe in quel detto, temerario invero, ma pur calzante al fantoccio delle ipotesi tolemaiche: Se fossi stato chiamato a consiglio quando Iddio creò l' universo, la macchina sarebbe stata molto più semplice.

370. Or quale semplicità potrebbe mai l'intelletto umano escogitar maggior di quella che splende nel sistema copernico-neutoniano? Tre soli principj bastano a render ragione di tutti i fenomeni, ed a figurarli esattissimamente: I. La terra è un pianeta; II. Ogni pianeta ha ricevuto una prima spinta; III. Ogni corpo celeste gravita verso tutti gli altri. Di queste tre ipotesi niuna è che ripugni, anzi non sia grandemente consona alla sana fisica. Parla il cielo ogni dì a confermarle; non ancora ha parlato una volta sola a combatterle. Di questa asserzione lealissima il Trattato presente sarà una prova perpetua.

371. La terra dunque, giusta il Copernico, circuisce, non già qualche punto immaginario, ma il sole, corpo smisuratissimo, e quindi capace, con la prepossente sua forza attrattiva, di contenere i pianeti nel moto curvilineo, i quali altrimente s'involerebbero per moto rettilineo in virtù della prima impulsione. Ciascun pianeta cammina nel suo orbe proprio, il qual è un solo per ogni pianeta; e a render ragione puntuale de' movimenti di lui non è d'uopo fabbricar di fantasia, non che una dozzina di sfere chimeriche, ma nè pur una. Secondo Copernico, i pianeti più lontani dal sole mettono maggior tempo a compiere il loro giro: ciò è ben ragionevole; percorrono un orbe più grande. Secondo i Tolemaici, tutti i corpi celesti girano ad ogni 24 ore d'intorno alla terra: nel medesimo tempo i vicini come i lontani, come le stelle rimote a distanze immense (283): v'ha egli concetto più degno del soprannome d'assurdo? Che la terra possa obbedire a due movimenti ad un tratto: l'uno d'intorno al sole in un anno, l'altro d'intorno al proprio asse ogni giorno: questa ipotesi copernicana non patisce difficoltà, dopo gli esempi di Venere, Marte e Giove (Cap. XIII, Cap. XV) ed avendo noi sotto gli occhi una specie di que' moti congiunti, in ogni ruota di carrozza ed in ogni palla sospinta a correre sul terreno.

372. Delle altre obbiezioni, che furono fatte al moto annuo della terra, niuna merita esser nè meno commemorata quando non fosse, per rispetto dal gran Ticone, quella che più pesava nell' intendimento di lui; cioè, ammettendo esso moto, esser di necessità confessar la distanza delle stelle da noi così smisurata che va all' incredibile. Imperocchè ei appaiono fisse nelle respettive lor sedi come se le guardassimo sempre da un luogo stesso senza moverci punto: eppure a qualunque istante la terra, e con lei l' occhio nostro, debb' esser lontana, giusta il Copernico, ben 160 milioni di miglia dal sito celeste, per cui trapassò sei mesi innanzi; bisogna per tanto che tutta quella moltitudine di milioni sia come uno zero in comparazione al dilungamento delle stelle dal globo terrestre. Si fatta distanza sarebbe calzante se la profondità de' cieli avesse un confine a noi cognito, e se non fosse stoltezza e temerità limitare lo spazio all' Autore della natura.

373. Opponeva Ticone altresì: Se le stelle giacessero sì enormemente rimote, a che pro sarebbe vôto cotanto spazio da Saturno in là sino ad esse? Ma nè Ticone s' avvisava del gran numero di comete, scoperte dopo l' età di lui, e che travalicano quelle vaste regioni per ogni verso, nè fu accorto a bastanza per sospiccare, che, oltre i pianeti allor noti, ve ne fosser degli altri, non raggiunti per anco dal breve acume dell' umana vista; de' quali uno è appunto Urano od Herschel, raffigurato pochi anni fa, ed a cui aspetta correre le provincie celesti a distanza doppia di quella di Saturno dal sole.

374. Altri adduceano: che se la luna va in giro intorno la terra, siccome niun dubita, quando questa non rimanesse ferma, si staccherebbe dalla luna, mediante il moto annuo, de' bei milioni di miglia, tanto che non potremmo nè men discernerla. Ma questa obbiezione risolvono Giove e Saturno, che da noi sono veduti accerchiare il sole, tirando seco il

corteggio de' satelliti che s' aggirano intorno di loro. Allo stesso modo potrà la terra obbligar la luna a seguirla.

375. Il moto annuo del nostro globo è dunque afforzato da tante ragioni di convenienza, d'analogia, di maravigliosa semplicità di sistema, e di mostruosa complicazion del contrario, non che liberato sì fattamente da ogni difficoltà scientifica, che niente gli manca a godere dell' evidenza fisica.

376. Quanto poi alle opposizioni accattate dalle sacre Scritture, le stesse difese che abbiamo addotte (Cap. XV) pel moto diurno vagliano pure ai copernicani nell' uopo presente. Aggiungerò bensì, fin dal giugno 1665 esser pubblico nelle Transazioni Anglicane un rescritto del P. Fabri, gesuita e penitenziere in San Pietro di Roma, dicente: che qualunque volta venga prodotta dimostrazione del moto terrestre *nullo modo dubitabit Ecclesia*, la Chiesa non esisterà a dichiarare, que' luoghi delle Scritture, che alleganso in prova della quiete della terra, doversi intendere in senso figurato e non nel letterale.

377. Or le dimostrazioni dirette e positive sono state trovate: e sono, non che una, ma due: L'attrazione universale, l' abberrazion delle stelle.

378. La prima dimostrazion positiva ed urgente, a favor del moto annuo della terra, consiste nella verità dell' attrazione universale scoperta dal Newton, e comprovata a capello mirabilmente da tutti i fenomeni celesti; con la quale è impossibile conciliare l' immobilità della terra, e l' annual conversione del sole d'intorno a lei. Imperocchè, essendo per osservazione i movimenti d'ogni pianeta perfettamente correllativi agl' impulsi di tendenza scambievole, come potrà la terra esser sola, tra i corpi del mondo solare, la qual non obbedisca alle leggi comuni? Il che tanto meno è credibile, quanto che il girar della luna, d'intorno a lei si conforma puntualmente alle regole della gravitazione mutua tra

di esse. Inoltre, se quest' azione scambievole obbliga a girare, non già la terra d' intorno alla luna, ma bensì questa d' intorno a quella, cioè il più piccolo corpo attorno al maggiore, come si potrà poi ammettere che l' attrazion vicendevole tra sole e terra vaglia a smuover l' immenso corpo solare e non vaglia punto nè poco a sconciare dal tolemaico riposo il picciolissimo globo terrestre? Che se in forza della tendenza reciproca dovesse il sole aggirarsi d' intorno alla terra, perchè non dovrà egli parimente aggirarsi d' intorno ad ogni altro pianeta? Quindi è tanto sicuro il moto annuo del globo nostro, quanto è la gravitazione universale di tutti i corpi celesti l' un verso l' altro. Nè venga alcuno per avventura a disputar dei vocaboli. Cui non piace attrazione dica tendenza, dica gravità. Ogni sasso, cadente dall' alto, basta a provare che la materia d' ogni corpo celeste dee gravitar verso la terra, e la terra gravitar verso ognun d' essi. Ma poichè dall' essenza di questo sistema dovrem già trattare appositamente, allora spiccherà in maggior lume la sua certezza.

379. Ma la seconda dimostrazion positiva del moto annuo del globo nostro è del tutto irrefragabile. Essa è l' aberrazion delle stelle, cioè una mutazione apparente di luogo diversa per ogni stella, e perfettamente concorde colle sembianze che dee generare il moto unico della terra. Se non che siam costretti pur di questo fenomeno differire alquanto la spiegazione, non essendo accumolate ancora in quest' operetta le cognizioni tutte che son necessarie ad intenderlo. Ciò nondimeno, ci lusinghiamo d' avere amministrate a favor del moto annuo della terra assai prove più che non bisognano, per convincere ogn' intelletto non pertinace. E però quind' innanzi terremo per dimostrato, quanto lice ad umano sapere: Che la terra è un pianeta dotato di due movimenti, l' un di rivoluzione in un anno d' intorno al sole, l' altro di rotazione ogni dì circa il proprio asse.

CAPITOLO XIX.

Dell' Orbite de' pianeti.

380. Ne' capitoli XV, XVI si è dimostrato ch' ogni pianeta gira d' intorno al sole, e che in così fatto giro non descrive un cerchio. Or fa d' uopo investigar qual sia la figura dell' orbe che i pianeti camminano, quali le dimensioni, la posizione e la proprietà.

381. Dopo avere coi mezzi esposti (302 e 303), determinato moltissimi punti del sentiero d' un pianeta, han potuto gli astronomi segnar questi punti sopra una carta così nelle dirittur, come nelle convenevoli distanze da un altro punto che figurava il sole; e tirata una linea per que' punti, s' accorsero ch' essa circoscriveva figura ovale, o (a dir più giusto) di elisse. Ogni osservazione, ogni computo comfermarono questa grande scoperta dell' immortal *Keplero*; e s' ebbe finalmente per indubitato, ch' ogni pianeta, nel suo girare, d' intorno al sole, descrive un' elisse. Or facciamo d' intender bene questa figura.

382. Piantate due aghi nella region di mezzo d'un tavolino, a qual distanza volete un dall' altro. Prendete un filo che sia più lungo di quella distanza, ma non maggiore di qualsivoglia lato del tavolino. Appiccate al piede d' uno degli aghi un de' capi del filo, l' altro all' altro. Pigliate un terzo ago, e con esso stirate il filo quanto potete. Fate strisciare sul tavolino la punta di quest' ago, tenendol diritto ed il filo sempre stirato. Quando quest' ago abbia compito un giro intero d' intorno agli altri due, la punta di esso avrà segnato sul tavolino una elisse; avvertite solo di non accavallare il filo sugli aghi fissi.

383. Spiccate i due aghi, e tirate una linea retta, che passi, pei due punti ove stavano fissi, e termini

da una parte e dall' altra nella circonferenza della figura; quella linea si chiama *asse maggiore* dell' elisse: esso è lungo precisamente quant è la lunghezza del filo. Il punto di mezzo di questa linea è il punto di mezzo tra i due aghi; è il punto di mezzo della figura, e si nómina *centro* dell' elisse. Di fatto ogni linea che passa pel centro, e finisce nella circonferenza da una banda e dall' altra, è divisa per mezzo dal centro; e con termine generale si chiama *Diametro*, poichè divide sempre l' elisse in due parti uguali, il diametro più grande di tutti è l' asse maggiore, quel diametro che taglia l' asse maggiore a squadra, è il più corto di tutti, e si appella *asse minore*. I punti, ove stavano piantati i due aghi si dicono *fochi* dell' elisse. Egli è chiaro che la prescritta operazione sul tavolino, si può eseguire sopra una carta ben distesa, e in vece dell' ago mobile, adoperare una punta di matita la qual segnerà la figura.

384. La denominazione de' *fochi* proviene da questa proprietà dell' elisse: che se in una camera, per esempio, le cui pareti vadano in giro a forma elittica, si pianti nell' un dei fochi una torcia accesa: quella faccia della parete, tutt' all' intorno, la qual corrisponde in altezza alla fiamma, riverbera il lume da tutti i suoi punti all' altro foco, nella medesima altezza; tanto che se sia quivi una palla di forbito metallo, l' unione di tanti raggi la fa risplendere d' un chiaror vivacissimo.

385. Nelle orbite de' pianeti, il sole occupa col suo centro l' uno de' fochi. Questo punto è dunque comune a tutti gli orbi planetari. Ed ecco fatto il sole degnamente e necessariamente animatore e legame, e virtual centro di tutto il sistema.

386. L' altro foco è vacuo ed inutile: se non che gli appartien questa proprietà; che un osservator quivi posto, vedrebbe il pianeta camminar sempre con eguale velocità, appresso a pòco; imperocchè la maggior lontananza gli farebbe creder più lento il

moto del pianeta, allor quando in realtà è il più rapido nelle sue vicinanze al sole; e la maggior propinquità gli farebbe creder più celere il moto del pianeta allor quando in realtà è il più tardo nelle sue lontanaze dal sole. Gli eccessi così compensati conducono le apparenze del moto a poco men che perfetta uniformità.

387. Ogni pianeta percorre una elisse di dimensioni diverse da ciascun altro. È facile da capire e da mettere a prova, che quanto i due fochi, o i due aghi, son più vicini uno all'altro, tanto più l'elisse s'accosta ad essere un circolo; e quanto i due fochi son più distanti tra loro, tanto l'elisse divien più schiacciata.

388. La distanza di ciascun foco dal centro si appella con opportuno vocabolo *eccentricità*. I punti estremi dell'asse maggiore si dicono *apsidi*. Di questi due punti uno è, in tutto l'ambito, il più vicino al sole e si chiama *perielio*, l'altro è il più lontano e si dice *afelio*: voci greche significanti appunto la verità del fatto. La distanza del sole dal pianeta, e così ancora la linea che la rappresenta, cioè che si conduce dal foco, ove ponsi il sole, a qualunque punto della circonferenza nel qual si voglia considerare il pianeta, si denomina *raggio vettore*.

389. Dalle precedenti costruzioni e definizioni si rende manifesto che l'un qualsivoglia dei fochi divide l'asse maggiore in due parti ineguali. La minore si è quella che va dal sole al perielio; la maggiore si è quella che va dal sole all'afelio, e supera la prima di quanto importa quel pezzo che sta interposto tra i due fochi. Ne viene di conseguenza che, sommando insieme le distanze minima e massima di un pianeta dal sole, si ottien la lunghezza dell'asse maggiore dell'orbita di quel pianeta; del qual asse, pigliando la metà, si conseguisce la distanza media tra la minima e la massima: quest'è ciò che abbiamo gia fatto nel Cap. XVI.

390. Or procediamo ad un'altra operazione. In

vece di sommare le distanze minima e massima, si detragga la prima dalla seconda; ciò che rimane sarà la distanza di un foco dall' altro: la qual dimezzata, dà la distanza d'ognun de' fochi dal centro o sia l' eccentricità. Quanto però dal gran numero delle osservazioni han potuto gli astronomi ricavar la grandezza delle distanze minima e massima d'un pianeta dal sole (320), allora, prendendo la metà della differenza di queste distanze, sono venuti in cognizione della quantità dell' eccentricità dell' orbita d' ogni pianeta, cioè di quanto sia lontano dal sole il centro dell' orbita.

301. Espongasi tosto il valore di queste eccentricità in tre maniere: il primo valore è relativo al semiasse maggiore dell' orbita della terra, supposto 100000 in genere (322); il secondo valore è assoluto in milioni di miglia, e questo si cava dal primo agevolmente a quel modo che adoperammo (324) per computar le miglia delle distanze medie; il terzo poi è in parti millesime del semiasse maggiore dell' orbita rispettivo; cioè supponendo questo composto di mille porzioni eguali, si espone quante ne abbraccia l' accentricità.

Eccentricità de' Pianeti.

	Valore generico.	Milioni di miglia.	Millesime del semiasse.
Mercurio	7955	6 1/2	206
Venere	498	0 2/5	7
Terra	1679	1 1/3	17
Marte	14184	11 1/2	93
Giove	25013	20 1/2	48
Saturno	53640	43 3/4	55
Herschel	89555	73	47

392. Dovendosi valutar la grandezza dell' eccentricità per comparazione alla grandezza dell' orbita, o sia del semiasse maggiore, apparisce che l' orbita

più eccentrica, e, vale a dire, la più schiacciata, è quella di mercurio, la meno quella di Venere; quelle di Giove e di Herschel sono consimili nello schiacciamento.

393. Avverto che la soprannota eccentricità d' Urano od Herschel non è quella che *Lalande* registra insieme con le precedenti al n.º 1278 della sua terza edizione dell' *Astronomia*, ma quella bensì ch' egli stesso ha poi adottato nelle tavole annesse all' edizione medesima; e che sono lavoro di *Delambre*. Questo ed altri elementi del nuovo pianeta ritornano così a quelli determinati in Italia, primieramente dall' ab. Caluso nelle Tavole presentate all' accademia di Torino fin dall' aprile 1787; poi nella dotta Teoria di Urano pubblicata dall' ab. Oriani in Milano nel 1789.

394. Niuno si maravigli se avvenga il bisogno di simili correzioni negli elementi di un pianeta, scoperto pochi anni fa. Ciò nulla scema alla fede intera che meritano gli elementi certissimi degli altri pianeti, de' quali abbiamo più secoli d' osservazioni. Alla stessa sicurezza invariabile giugneranno col tempo gli astronomi anche pel nuovo pianeta Herschel, quando sarà stata osservata almeno una delle sue rivoluzioni. Ma questa richiede il corso di 84 anni, e vanno i 21 soltanto da che fu scoperto.

395. Se in vece di 206 millesime si piglino due decime (il che appresso a poco è lo stesso) per la grandezza dell'eccentricità di Mercurio relativamente alla distanza media, e si prenda un filo di qual lunghezza si voglia, e si piantino due aghi distanti tra loro la quinta parte di questo filo, appiccando gli estremi d' esso agli aghi, od operando come s' è detto sopra, si descriverà una figura molto rassomigliante all' orbita di Mercurio. Per tal maniera i numeri della terza colonna possono servire a disegnare le altre orbite con proporzione al vero.

396. Al presente siamo in grado di compiere la promessa fatta (329) circa le distanze minime e mas-

sime de' pianeti della terra. Sommando insieme i miglioni di miglia della tavola precedente, corrispondenti alle eccentricità della terra e d'un pianeta, si diffalchi la somma dalla distanza minima del pianeta stesso (328), e si otterrà la distanza più piccola tra le possibili; si aggiunga la somma alla distanza massima, e si conseguirà la maggiore tra le possibili. Per esempio, la somma per Mercurio dà 8 milioni circa, co' quali la distanza minima diviene 42 milioni di miglia e la massima 121. La ragione di quest' operazione non è difficile da intendere. Se quando Mercurio capita di mezzo tra il sole e la terra, se combini che allora la terra si trovi nella massima sua vicinanza al sole, e Mercurio nella massima lontananza da esso, senza dubbio la terra e Mercurio saranno prossimi tra di loro quanto più il possano essere.

397. Passiamo ora a determinare la grandezza dell' asse minore nelle orbite de' pianeti. Questo si trova per computo, moltiplicando la distanza afelia con la perielia, e dal prodotto estraendo la radice quadra. Per esempio, aggiungendo l' eccentricità di Mercurio 7955 alla distanza media 38710, la somma 46665 è la distanza afelia; sottraendo in vece d' aggiungere, il residuo 30755 è la perielia: moltiplicando 46665 con 30755, il prodotto è 1435182075, da cui, estratta la radice quadra, emerge 37884, ch'è il semiasse minore di Mercurio, operando similmente, si troverà il semiasse minore d' ognuno degli altri pianeti nel valor seguente:

	Distanza afelia.	Distanza perielia.	Semiasse minore.
Mercurio	46665	30755	37884
Venere	72831	71835	72331
Terra	101679	98321	99986
Marte	166353	138185	151708
Giove	545292	495266	519678
Saturno	1007712	900432	952364
Herschel	2007917	1828807	290601

398. Volendo la quantità di questa tavola in milioni di miglia, si piglieranno (328) le distanze medie in milioni di miglia, e vi si aggiungeranno e diffalcheranno le rispettive quantità, tolte (391) dalla seconda colonna dell' eccentricità: si otterranno così le distanze afelia e perielia. Per avere il semiasse minore, si farà una regola del tre, come segue: Se 100000 distanza media della terra dal sole importa 81 1/2 milioni di miglia, quanti milioni varrà il semiasse minor di Mercurio 37884? Allo stesso modo si opererà per tutti gli altri.

399. Tosto che in una elisse son conosciuti l'asse maggiore e la distanza de' fochi, si può computare accuratamente la tirata della sua periferia; ma questo computo non è da tutti; laonde non posso dire in qual modo si faccia. La periferia si riduce in miglia con la stessa regola del tre indicata or ora. Questa quantità di miglia, essendo divisa pel numero de' giorni ch'ogni pianeta spende a percorrer l'orbita (314), si vengono a sapere le miglia che ciascun d'essi trascorre in un dì, supponendo che viaggi sempre con moto equabile. Dividendo poi queste miglia diurne per 1440 che sono i minuti compresi nelle ore 24 della giornata, se ne traggon le miglia che ciascun pianeta trapassa in un minuto con la sua velocità mezzana. Delle ineguali celerità parleremo poscia: intanto sull' ipotesi delle uniformi esponghiamo la seguente tavola.

	Periferia relativa.	Periferia in miglia.	Moto diurno in miglia.	Miglia in un minuto.
Mercurio	240634	196129288	2229322	1548
Venere	454478	370424260	1648522	1145
Terra	628274	512077800	1401968	974
Marte	955287	778610900	1133585	787
Giove	3267121	2662882000	614615	427
Saturno	5989876	4882074400	453763	315
Herschel	12046853	9818842200	319937	222

400. I numeri della prima colonna suppongono 100000 (322) la distanza media dalla terra al sole. Nella seconda colonna si possono trascurare i sei ultimi numeri d'ogni linea: dicendo per esempio: L'orbita di Giove è lunga 2663 milioni di miglia. L'incertezza di questa misura è sei volte maggiore di quella che abbiam diffinita (325) sulla distanza media d'ogni pianeta dal sole, poichè l'ambito di queste ellissi vale circa sei volte il rispettivo semiasse maggiore. Per conseguenza il maggior fallo possibile nei 2663 milioni può consistere in 30.

401. La terza e la quarta colonna dimostrano poi che i pianeti camminano con maggior velocità quanto più son vicini al sole; e questo è un argomento di fatto per dar a capire anche agl' idioti che il sole ha una possanza sul moto dei pianeti. Si dimostra matematicamente che *le velocità di due pianeti*, in tempo eguale, *debbon essere in ragione inversa della radice quadra delle loro distanze dal sole.* Vedesi, per esempio, dalla tavola (322) che la distanza media di Saturno è maggiore nove volte e più di quella della terra. Ponghiamo 9 esattamente, che il sopra più poco nuoce: sarà 1 quella della terra. Ora la radice di 9 è 3, la radice di 1 è 1. Deve dunque essere la velocità della terra tre volte maggiore della velocità di Saturno. In fatti nel tempo d'un minuto la terra corre 974 miglia, e Saturno 315: quest'è un poco meno del terzo, a cagione che la distanza è un poco più di 9. La stessa legge può verificarsi da ogni aritmetico negli altri numeri. La medesima, siccome relativa al moto equabile, diversifica da quella di cui parleremo or ora, e che è relativa al moto ineguale.

402. La velocità mezzana, esposta nella tavola (399), si avvera in due punti solamente dell'orbita, cioè quando il pianeta si trova in una distanza dal sole, media proporzionale tra il semiasse maggiore e il minore. Nelle distanze maggiori la celerità è minore; nelle minori maggiore; si può valutarla sem-

pre *in ragione inversa delle distanze* medesime. Essa è giustamente tale nel perielio e nell'afelio. Nel primo caso, cioè quando la terra è nella maggior prossimità al sole, il che accade al fin di dicembre, il moto di lei va 990 miglia in un minuto; nel secondo, cioè quando la terra è nella sua maggior lontananza dal sole, il che succede all'entrar di luglio, il moto di lei si riduce a 957 miglia in un minuto. Corre dunque la terra, nell'intervallo d'un'ora, duemila miglia di più nell'inverno che nella state. E noi, ad ogni battuta di polso, siamo portati per 16 miglia negli spazi celesti, senza che l'abitudine ci permetta sentire questa furia di moto, col qual nasciamo e viviamo. Che se maraviglia ci prende perchè il globo terrestre valichi i cieli con tanta rapidità, quanto più non dovremo d'alto stupore esser colti, considerando che un cotal moto venne attribuito per molti secoli al sole, comechè egli sia grosso (243) un milione trecentomila volte più della terra! Ricordandoci poi (276) che il nostro moto di rotazione è di 15 miglia per minuto, nelle regioni sotto la linea, saremo istrutti che il moto annuo del nostro globo è 64 volte più celere del suo moto diurno nell'equatore.

403. Figuriamoci adesso d'esser nel sole, e guardiamo la terra che gira intorno di lui per la circonferenza d'una ellisse, della quale egli siede in un foco. Supponiamo che la terra parta dal punto della massima sua lontananza dal sole, cioè dall'afelio. Immaginiamoci di tenerla con una corda, la qual si andrà via via scorciando e cadendoci a' piedi, giacchè da quel punto infino all'opposto apside, ch'è il perielio, la terra si accosta del continuo al sole (383). Tutto lo spazio celeste, successivamente occupato dalla corda nelle prime 24 ore (considerata per altro come una verga inflessibile, la qual rappresenta la linea retta che abbiamo denominata (388) *raggio vettore*), debb'essere uguale allo spazio traversato nelle seconde 24 ore, e così in qualunque altro dei

giorni dell'anno. Questa si chiama la legge delle *aje proporzionali ai tempi;* altra scoperta del gran Keplero, assicurata dalla concordia de' computi con le osservazioni. Se la terra facesse, il secondo giorno, egual viaggio del primo, non ci sarebbe l'uguaglianza delle aree, poichè la corda, più corta il secondo dì, occupa, camminanndo, meno spazio celeste di quel che ha fatto nel primo. Ma perchè la terra il secondo dì fa cammino un tantin più lungo del primo, si ricompensa in tal modo lo spazio perduto per lo scorciamento della corda; ed è verità di fatto e di geometria, che in tempi eguali, anche lontani un dall'altro quanto si voglia, così in un giorno di state come in uno di verno, le divisate aree sono perfettamente uguali. Quest'è una proprietà essenziale del moto planetario, che non conveniva ch'io lasciassi ignorare, e di cui si vedrà in altro tempo la necessaria coerenza col sistema generale.

404. Non ci partiamo ancora dal sole; ma supponghiamo che la linea degli apsidi o sia l'asse maggiore dell'orbita terrestre, sia una verga la qual rimanga nel suo sito, intanto che la corda si scosta. La verga e la corda faranno un angolo; ma bisogna immaginarci di star nel centro del sole che è dove passa la linea degli apsidi. Allora la verga sarà come uno stecco di ventaglio, la corda un altro; del qual esempio ci siam valuti (60) per dar ad intendere che cosa sia angolo. Esso nel caso presente si chiama l'*anomalia vera.* E se supponghiamo un'altra terra la qual faccia ogni giorno egual viaggio, cioè il medio, di 974 miglia per minuto, veduto sopra, questa seconda terra avanzerà la prima, in tutto il corso dell'afelio sino al perielio: l'angolo poi, che farà in qualunque tempo la corda, attaccata alla seconda terra con la verga degli apsidi, si appelli *anomalia media.* La differenza delle due anomalie, vera e media, suole denominarsi *equazione dell'orbita* o vero *equazione del centro.*

405. Se i pianeti andassero per un cerchio, tenendo

sempre la stessa distanza dal sole, niuna cagione ci avrebbe perchè il loro moto non fosse equabile, e per conseguente non vi sarebbe differenza d'anomalie. Rettamente però si noma *equazione dell' orbita* quella differenza che nasce tra le due anomalie a motivo della varietà nelle orbite, ellittica e circolare; rettamente *equazione del centro,* perciocchè nasce dalla varia distanza del centro dell'orbite dal sito del sole. Quant'è più schiacciata l'orbita, quant'è più grande l'eccentricità, tanto è maggior la disparità fra le distanze afelia e perielia, tanto debb'esser maggiore la disparità fra il minimo moto ed il massimo, maggiore per conseguenza l'equazione dell'orbita che dipende da questa disparità.

406. Abbiamo veduto (61, 66) come la grandezza degli angoli si misura per gradi, minuti e secondi. Con questa denominazione daremo per tanto la massima equazione del centro di ogni pianeta. Essa ha luogo appunto nel sito, già dichiarato, della velocità mezzana di lui. Imperocchè dall'afelio insino a questo sito il moto vero essendo sempre minore del medio, le differenze giornaliere accumulate costituiscono la differenza totale o massima; la quale immediatamente dopo quel sito va decrescendo, atteso che, arrivato il pianeta dalla velocità minima, che aveva nell'afelio, alla media, e tuttavia seguitando a crescer di celerità fin al perielio, gode per conseguente, dall'anzidetto sito insino a questo d'una velocità maggiore della media; e tal eccesso giornaliero va distruggendo a poco a poco l'equazione del centro, per quella stessa ragion de' contrari con la qual si è formata. Nei seguenti numeri la prima colonna contiene i gradi, la seconda i minuti, la terza i secondi.

Equazioni massime delle Orbite planetarie.

Mercurio	23°	40′	0″	Giove	5	30	58
Venere		47	20	Saturno	6	26	42
Terra	1	55	27	Herschel	5	21	3
Marte	10°	40′	40″				

407. Esaurito quanto concerne la figura e le dimensioni delle orbite planetarie, resta ora da investigare ciò che riguarda la situazione di esse. A ciò fare, immaginiamoci che l'orbita terrestre sia tutta d'un pezzo, come quel foglio di carta su cui possiamo descrivere l'ellisse rappresentativa dell'orbita stessa. La superficie di quella carta si chiama il piano dell'orbita, il qual passa pel centro del sole che giace in un de' due fochi della elisse. Il piano si consideri fermo, mentre la terra cammina per la circonferenza della ellisse. Concepiamo nel modo stesso altri fogli di carta, ciascun de' quali rappresenti il piano e la figura dell'orbita d'un pianeta. Ognun di questi piani passa parimente pel centro del sole, ma con diverse direzioni ed inclinazioni uno all'altro. Bisogna dunque concepire che questi fogli di carta trapassino l'un per l'altro di modo che il centro del sole sia un punto stesso e solo di tutti insieme.

408. La prima determinazione che deve farsi, è la direzione in cui trovasi l'asse maggiore dell'orbe terrestre. Il problema è questo: Se un uomo fosse nel sole, a quale stella vedrebbe corrispondere l'afelio della terra? Questo afelio è una punta dell'asse il qual passa pel centro del sole; perciò, guardando dal sole per la dirittura dell'asse, l'osservatore scorgerà a quale stella corrisponda l'afelio. Ciò è facile da sapere, senza saltar nel sole. Quando gli astronomi s'avvedono, misurando co' loro ordigni il diametro del sole, che questo diametro è il minimo che osservino in tutto l'anno, sono sicuri che allora la terra è nell'afelio, cioè nella massima sua lontananza dal sole; perciocchè la lontananza, come ognun sa, fa vedere più piccoli gli obbietti. In tal congiuntura guardando a mezzanotte le stelle che sono nel meridiano, a quell'altezza dove è passato il sole a mezzodì, quivi è il vero punto del cielo, dal qual, tirando una linea pel centro della terra, andrebbe ad imbroccare il sole. Il pezzo di

questa linea, interposto tra la terra ed il sole è appunto quella porzione dell'asse maggiore, la qual va dall'afelio a quel foco che n'è più discosto. Per l'anzidetto modo s'è conosciuto, qualmente un osservatore, il qual fosse nel sole, vedrebbe l'asse maggiore dell'orbe terrestre batter diritttamente, se prolungato venisse sino alla region delle stelle, nel naso del Sagittario. Questo si chiama *il luogo* dell'afelio della terra.

409. A dinotare i punti del cielo con numeri si fa poi così: Sul foglio di carta dell'orbita terrestre, preso per centro il sole, si descrive un cerchio, il più grande che vi capisca; la superficie e la circonferenza di esso portano il nome di *eclittica*. Poscia prodotto, da una parte e dall'altra, l'asse maggiore dell'orbita, sin che vada a ferire la detta circonferenza, ne' due punti d'intersecazione si scrive, dalla parte dell'afelio 279° 1/2, dalla parte del perielio 99° 1/2. Quindi si divide la stessa circonferenza in 360 porzioni eguali, che appellansi *gradi;* ma con avvertenza che ciascuna delle due intersecazioni, testè dinotate, cada nel mezzo tra due contigue delle 360 divisioni. La prima a sinistra, dopo il 99 1/2 si contrassegna col 100; e quella, dopo il 279 1/2, col 280. Quindi di dieci in dieci, o di cinque in cinque divisioni, come si voglia, si notano i numeri successivi, proseguendo sempre a sinistra. Dopo il 360, si ricomincia la numerazione da 1, 2, ecc., finchè si vada a ritrovare il 100 già collocato al suo luogo. Questi gradi, contati a sì fatto modo sull'eclittica, si dicono *gradi di longitudine.* Il 360 si può chiamare anche o, poichè di là comincia il novero dei 360 procedendo a sinistra. I numeri debbono essere scritti fuori del cerchio, ed eretti tutt'all'intorno sopra la circonferenza, talmente che, tanto a scriverli quanto a leggerli successivamente, sia d'uopo girar di continuo il foglio. Ciò posto, il precetto della *sinistra* non ammette equivoco.

410. Se dal sito del sole si tira una linea al punto

segnato o, ovvero 360, intendendola prolungata nel cielo, andrebbe essa a battere, secondo la verità di fatto, quasi nel mezzo, ma un poco più alto, in fra due stelle, chiamate la trigesimaterza de' pesci e *jota* della balena. A qual punto del cielo abbia la mira l'asse maggiore dell'orbita terrestre, dalla parte dell'afelio, è già divisato sopra (408). Da quella del del perielio, va a ferire poco discosto dalla stella *epsilon* de' gemelli : questo è il punto del cielo, diametralmente opposto al naso del Sagittario, tenendo il sole il luogo di mezzo. Ecco determinata negli spazi celesti, per il tempo presente, la direzione dell'asse maggiore; e con tre punti *naso*, *jota*, *epsilon* la situazione del piano dell'orbita terrestre.

411. Lo stesso dovendo farsi per le orbite degli altri pianeti han pensato gli astronomi di trasportar sulla nostra i punti richiesti di quelle, a fin d'acquistare idee comparabili. A ciò fare, bisogna in prima sapere la linea in cui l'orbita d'un pianeta, verbigrazia di Mercurio, trapassa e taglia l'orbita della terra. Quando l'astronomo osserva Mercurio essere ad un livello coi tre punti soprannotati, conchiude che tal pianeta si trova allora nel piano comune ad essi, cioè nell'eclittica. Poniamo che la longitudine di Mercurio sia, per osservazione contemporanea, stata determinata di 46°. Sul foglio dell'orbita terrestre si tira una linea che dalla division di 46° passi pel sole, e giunga all'opposto punto 226° nella circonferenza. Questo punto opposto, in cui parimente s'è veduto le mille volte comparir Mercurio ne' debiti tempi, fa indubitata prova che i piani delle orbite planetarie hanno un punto comune a tutti, cioè il centro del sole. Nell'anzidetta linea fendendo la carta, per quella fenditura dee trapassare l'orbita di Mercurio. Si tronchi e separi quest'orbita dal soperchio esterno della carta su cui è segnata, e si faccia entrare nel taglio in guisa che il foco, ove siede il sole nell'orbita di Mercurio, coincida con quello che si è assegnato al sole nella terrestre. Ecco

mezz'orbita di Mercurio, giacente di sopra, e mezza di sotto della terrestre, come debb' esse:e. I punti poi dove cade la linea del taglio nella circonferenza dell'eclittica, si chiamano i *nodi*. Laonde un nodo di Mercurio è a 46°, e l'altro a 226° di longitudine. Si appella *ascendente* il nodo da quella parte dove Mercurio passa dalla mezz'orbita inferiore alla superiore, *discendente* l'altro dove succede il contrario.

412. Ma non sappiamo ancora qual sia l'inclinazione che deve darsi all'orbita di Mercurio, relativa alla nostra. Anche questo ricavano molto bene gli astronomi osservando il massimo alzamento sopra l'orbita terrestre, al qual si sollevi il pianeta, e così parimente il massimo abbassamento, sino al quale discenda di sotto. Misurano l'uno e l'altro per via d'angoli a questo modo. Pigliate un paio di forbici. Apritele quanto vi piace, ma verticalmente, vale a dire a quel modo, come starebber le lame, se si appoggiassero entrambe ad una parete. Nel punto ove queste s'incontrano, intendete appostato l'occhio dell'osservatore: che il filo della lama inferiore sia a livello col piano dell'eclittica, ed il taglio della superiore alzato quanto è mestiere per imberciare Mercurio. L'angolo che fanno insieme quelle due lame, è l'altezza di Mercurio dall'eclittica: quest'altezza si nomina *latitudine*, e dicesi *geocentrica* perchè veduta dalla terra. Per un osservatore, il qual fosse nel sole, quell'angolo sarebbe maggiore; imperocchè Mercurio è sempre più vicino al sole che alla terra. Ora l'altezza di un campanile, a cagion d'esempio, non ci appare ella più grande quanto più siam vicini a quello? Ogni uomo, senza saper d'angoli, valuta quell'altezza per via dell'angolo che fanno incontrandosi nell'occhio di lui i raggi visuali che partono dalla cima e dal piede del campanile. La latitudine vista dal sole si appella *eliocentrica*. Quando l'astronomo sa, come abbiam già veduto (316) saper ei molto bene, sotto qual angolo di distanza scorgerebbe Mercurio e la terra s'egli fosse

nel sole, facilmente ricava per computo, dalla geocentrica che osservar può, la latitudine eliocentrica cui non può per osservazione conoscere. La maggior delle latitudini eliocentriche diffiuisce l'altezza massima dell'orbita di Mercurio dal piano dell' eclittica. Ella è di 7 gradi. Per costituire la carta in questa inclinazione appresso a poco, si misuri col compasso, o come si voglia, la distanza del sole dal punto di mezzo del contorno della semiorbita superiore di Mercurio (questo punto si chiama il *limite*, poichè ivi si avvera l'elevazione massima); l'ottava parte della detta distanza sarà l'altezza in cui deve stare quel punto stesso dal piano dell' eclittica.

415. Abbiamo trovato l' inclinazione che dar conviene al foglio dell'orbita di Mercurio: manca solo che, fermo stando il sito del sole, si giri esso foglio in guisa, che l' asse maggiore dell'orbita di Mercurio sia nella direzione corrispondente a quella che tiene realmente nel cielo. Ora è noto per osservazione, che la linea degli apsidi di Mercurio, allungata dalla parte dell'afelio, va a batter vicino alla stella *A* del serpentario, e da quella del perielio, un poco sopra alla *K* del toro. Si giri per tanto una linea, che dai 74 gradi dell' eclittica passi pel sole, e vada all'opposto punto de' gradi 254: questi numeri essendo appunto le longitudini delle citate stelle; cotal linea sarà nella direzione dell'asse maggior di Mercurio, trasportato sull'orbita terrestre.

414. Ma il foglio dell'orbita di Mercurio si può inclinare, direm così, o a parte dritta o a parte sinistra. Dovete inclinarlo da quella banda, dove sovrasti alla linea che va dal sole ai 74 gradi, non già dall' altra dov'è la rimanente linea che va 254 gradi. Ciò fatto, girate la carta dell' orbita di Mercurio, fermo sempre il sole al suo posto, finchè il perielio di essa sovrasti a perpendicolo sulla linea suddetta dei 74 gradi, e stia a quell' altezza che abbiamo prescritto sopra. Allora è compita l' operazione per situare l'orbita di Mercurio secondo la verità relativamente all'orbita terrestre.

415. Per conoscer del pari la situazione delle orbite degli altri pianeti, conviene dunque sapere la longitudine de' loro nodi, quella degli apsidi, e la quantità dell'inclinazione. Eccola appunto nella tavola seguente, che può servir per dieci anni senza notabili errori.

	Nodo ascendente.		Afelio.		Inclinazione.		
Mercurio	45°	58′	254°	23′	7°	0′	4″
Venere	74	58	308	38	3	23	36
Marte	48	33	152	27	1	51	1
Giove	98	25	191	10	1	18	51
Saturno	111	58	269	6	2	29	45
Herschel	72	52	347	23	0	46	16

416. Per aver la longitudine del nodo discendente basta aggiungere 180 gradi a quella del nodo ascendente. Lo stesso deve farsi con la longitudine dell'afelio di Marte, per aver quella del perielio; ma per tutti gli altri pianeti, in vece di aggiungere, bisogna sottrarre 180 gradi dalla longitudine dell'afelio. In queste longitudini ho trascurato i minuti secondi, poich'essi variano del continuo, turbandosi alquanto il corso d'ogni pianeta per effetto dell'attrazione di tutti gli altri, siccome a suo tempo si mostrerà. Ma nell'inclinazione ove i cangiamenti sono lentissimi, ho segnato esattamente i minuti secondi.

417. L'operazione che abbiamo insegnato per Mercurio, servirà d'esempio per collocare convenevolmente la carta dell'orbita d'ogni altro pianeta, mediante i numeri della tavola esposta or ora. Per riguardo all'altezza dall'eclittica basti osservare, che appresso a poco l'inclinazion di Mercurio è doppia di quella di Venere, tripla di quella di Saturno, quadrupla di quella di Marte, quintupla di quella di Giove, nonupla di quella di Herschel. Quanto poi al piegar queste orbite, piuttosto a dritta che a sinistra, si tenga per regola generale, che ognuna debb' esser inclinata da quella parte dell'eclittica,

dove sono i gradi susseguenti a quelli del nodo ascendente.

418. La piccolezza degli angoli d'inclinazione fa vedere che tutti i pianeti girano intorno al sole dentro una fascia di cielo, larga soltanto 14 gradi relativamente agli osservatori che abitassero per avventura quell'astro; ma come la maggior latitudine geocentrica di Venere può passare i nove gradi, così la larghezza della zona celeste, entro cui dalla terra veggiamo aggirarsi i pianeti, e che appellasi *zodiaco*, debb'essere giustamente di gradi 18 1/2.

419. Sette sono gli elementi delle orbite planetarie: 1. L'anno, o sia il tempo della rivoluzion siderale: l'abbiamo data nel Cap. XV, 2. Il semiasse maggiore, o sia la media distanza dal sole: soddisfa a questo il Cap. XVI; 3. L'eccentricità donde nasce l'equazione massima del centro; 4. La longitudine dell'afelio; 5. Quella de' nodi; 6. L'inclinazione. Gli ultimi quattro son definiti sopra nel presente Capitolo; 7. La longitudine media del pianeta ad una data epoca; e ciò porgeremo immediatamente, insieme col moto medio giornaliero.

420. La *longitudine media* d'un pianeta è quel punto nel circolo dell'eclittica, al qual corrisponderebbe, per ogni momento che ciò si addomandi, il pianeta, visto dal sole, se camminasse con moto equabile. L'equazione del centro è la differenza tra questo luogo ipotetico medio del pianeta ed il luogo vero. Quando l'equazione del centro fosse nulla, i due luoghi sarebbero dunque uno solo. Le dichiarazioni già date in questo stesso Capitolo, circa tale equazione, fanno intendere che ciò avviene quando il pianeta è negli apsidi. La longitudine dell'afelio è dunque ad un tratto longitudine vera e longitudine media. Ad essa aggiungendo il moto diurno medio in longitudine, tante volte quante richiede un intervallo proposto di tempo, si ottiene la longitudine media a capo di quel tempo.

421. Per avere il moto diurno medio siderale,

basterebbe divider la circonferenza intera, cioè 360 gradi, ovvero 1296000 minuti secondi, per l'anno planetario (Cap. XV). Ma il moto diurno che si adopera è un pochetto maggiore, a cagione che i gradi di longitudine si contano dal punto segnato o, o pur 360, nel circolo dell'eclittica; il qual punto ci appare non esser fisso nel cielo, ma ritrocedere a destra ogni anno per la quantità di secondi 50 1/4; che è ciò che si chiama la precessione degli equinozi, della qual daremo contezza a suo luogo. Il pianeta, girando per l'orbita sua, viene dunque a rincontrar questo punto equinoziale (22) più presto che non farebbe se il punto medesimo fosse immobile. Volendo per tanto valutare il tempo della rivoluzion d'un pianeta, per rispetto a questo punto, siccome accade sovente doversi fare, convien diminuire l'anno planetario di tanti giorni quanti il pianeta spende di meno a tornare al punto equinoziale, il qual viene retrocedendo, come s'è detto, mentr'ei fa il giro. Esso tempo si chiama l'*anno tropico* dei pianeti, a trovare il quale si opera come segue.

422. Abbiamo, a cagion d'esempio, veduto (314, 315) esser l'anno sidereo di *Herschel* composto di 84 anni nostri, o più precisamente di giorni 30688 1/2. Dividendo 1296000″ per questo ultimo numero, emerge il moto medio sidereo quotidiano in secondi 42, centesimi 23. Ma il moto retrogrado del punto equinoziale, in ragione di secondi 50 1/4 per anno, monta in anni 84 a secondi 4221; i quali equivalgono quasi quasi al cammino del pianeta in 100 giorni. La rivoluzione tropica sarà dunque di giorni 30688 1/2 circa. Ma per averla esatta, in vece di computare il moto del punto equinoziale per anni 84, bisogna computarlo di nuovo per giorni 30688 1/2, o per anni 83, giorni 272 3/4; il qual numero d'anni e giorni si trova, dividendo i 30688 1/2 pei 365 1/4 che formano la durata appresso a poco dell'anno nostro ragguagliato col bisestile. Ora in anni 83 e giorni 273 il moto di precessione ascende a secondi

4208, centesimi 27; la qual quantità, divisa per 42, centesimi 23, fa conoscere che il pianeta dovrebbe spendere giorni 99, centesimi 63, per farsi a compire la rivoluzion siderale. Dibattendo per tanto questi giorni dal 30688 1/2 della rivoluzione medesima, il residuo è la rivoluzione tropica, composta di giorni 30689; quantità prossima, che non si conosce per anco esattamente. Dividendo ora 1296000 per questo numero, si ha più accuratamente il moto diurno medio tropico in secondi 42, centesimi 37.

423. Operando similmente, per rispetto agli altri pianeti, si troveranno le rivoluzioni e i moti medj tropici, come nella seguente tavola, la qual contiene eziandio le longitudini medie per il giorno 31 dicembre, 1802, al mezzodì. Gli apici g, o, ', '' son già dichiarati (315). I numeri dopo la virgola sono decimi di secondo nella prima colonna, centesimi nella seconda.

	Anno tropico.				Moto diurno.			Longitudine media.		
	g	o	'	''	o	'	''	o	'	''
Mercurio	87	23	14	32,7	4	5	32,57	269	19	48
Venere	244	16	41	27,5	1	36	7,81	99	31	30
Marte	686	22	18	27,4		31	26,66	86	25	38
Giove	4330	14	59	2,0		4	59,20	172	50	21
Saturno	10746	19	16	15,5		2	0,59	159	46	0
Hersch.	30589				-		42,37	186	22	25

424. Col mezzo delle due ultime colonne si costruiscono le tavole de' pianeti, le quali danno la longitudine media d'ogni pianeta per qualunque anno, giorno, ora, minuto e secondo. Volendo, per esempio, la longitudine media di Marte, pel momento del mezzogiorno del 10 gennajo 1803, aggiungo a 86° 25' 38'' (longitudine media di Marte, secondo la tavola pel mezzodì del 31 dicembre antecedente) 5° 14', 26'', 6 che equivagliono al moto medio diurno

31′ 26″, 66 preso dieci volte, ed ho 91° 40′ 4″, 6 per la longitudine addimandata.

425. A saper poi la longitudine vera, cioè il sito preciso dov' è un pianeta in qualsivoglia istante, è d' uopo conoscer l' equazione del centro, corrispondente al luogo medio del pianeta per quell' istante. Ecco il modo di rinvenirla. Si detrae dalla longitudine media quella dell' afelio, aggiunti alla prima 360°, quand' è minore della seconda. Il residuo è l' anomalia media (404), come si può riscontrar facilmente sul circolo graduato dell' eclittica, nel foglio in cui s' è descritta l' orbita della terra. Essendo note le dimensioni dell' ellisse, vi sono regole geometriche indubitate per conoscer l' equazione del centro appartenente ad ogni anomalia media. Con queste regole è stata costrutta una tavola per ciascun pianeta, la qual somministra la detta equazione per ogni grado, minuto e secondo d' anomalia. Mentre il pianeta cammina dall' afelio al perielio, l' equazione si sottrae dalla longitudine media (406); e quando cammina dall' afelio al perielio, l' equazione si aggiunge. Ciò che risulta è la longitudine vera.

426. Chi non ha tavole nè sa le regole geometriche per questi computi, e pur brami avere un tal qual luogo vero del pianeta in qualunque tempo, basterà che determini l' equazione come or dirò. A buon conto, nell' afelio e nel perielio essa è nulla. All' incontro, il suo massimo valore, che abbiamo esposto in una tavola (406), accasca in due punti; i quali si trovano, aggiungendo a 90°, o sottraendo da 270° i cinque ottavi dall' equazione massima. Per esempio i cinque ottavi di essa per Mercurio sono 15° circa; e però 105°, e 255° d' anomalia media sono i punti, appresso a poco, ne' quali si deve impiegar l' equazione massima. Quattro poi sono i punti d' anomalia, dove l' equazione del centro è la metà della massima; e questi si definiscono, aggiungendo a 30° ed a 150°, e sottraendo da 210° e da 330° la terza parte dell' equazione massima. Simil-

mente, aggiungendo a 48° ed a 131°, e sottraendo da 229° a da 312° la metà dell'equazione massima, si vengono a conoscere i quattro punti d'anomalia dove l'equazione del centro monta ai tre quarti della massima. Avete per tanto dodici punti, nei 360 gradi d'anomalia; dove sapete prossimamente il valore dell'equazione del centro. Per ogni altro punto intermedio potete affidarvi alla regola del tre, senza timore di grave abbaglio. Eccovi un esempio.

427. Il terzo dell'equazione massima di Mercurio è appresso a poco 8°; e però nei 38° d'anomalia l'equazione del centro, in virtù delle regole date or ora, sarà la metà della massima, vale a dire 11° 50′. Sapete inoltre che a 0° d'anomalia, o sia nell'afelio, l'equazione è zero: dunque ella cresce 11° 50′ nel corso dei primi 38° d'anomalia. Gli 11° 50′ fanno 710′, il qual numero diviso per 38, dà per quoziente 18 1/2. Sono dunque minuti 18 2/3, di cui riceve accrescimento l'equazione ad ogni grado successivo di anomalia. E però nel secondo grado l'equazione sarà 37′ 1/3, nel terzo 56′, e così discorrendo. Tal progressione uniforme non è certo consona esattamente alla verità; ma dentro un discreto tratto di gradi d'anomalia, il danno, adottandola, non è di momento per lo scopo presente. Di fatto nel tratto di 38°, eletto in esempio, il maggior errore va a 15′ e succede nei 25° d'anomalia, poichè, moltiplicando 18 2/3 per 25, si ottiene 7° 47′, in vece di 8° 2′, che è la vera equazione del centro.

428. Riman da notarsi, per norma in simili computi, che quando l'equazione è arrivata al suo massimo, di là innanzi va decrescendo finchè riducesi nulla; dopo di che torna a crescere sino al massimo, per quindi scemar nuovamente infino a zero.

Ed ecco esaurito tutto ciò che poteva insegnarsi relativamente alle orbite de' pianeti.

CAPITOLO XX.

Dell' Anno Terrestre.

429. Parlerò in questo Capitolo della lunghezza del nostro anno, e delle suddivisioni di esso in mesi, giorni, ore, ecc. L' aggiunto *terrestre* mi è poi di necessità, a far distinzione dell' anno che nominai *planetario* (Cap. XV), e che per ogni pianeta è diverso. Per altro il nostro anno si appella per lo più dagli astronomi *solare*, seguendo il linguaggio antico delle apparenze, in conformità delle quali il moto annuo della terra si attribuisce al sole.

430. La misura del tempo importa ad ogni uomo. Per conseguirla convien ricorrere al moto. Se tutto nella natura fosse immobile, e conseguentemente immutabile, qual cosa potrebbe distinguere un tempo dall' altro, od anzi qual cosa sarebbe il tempo? Niuna per certo. Ma a darci un' idea di lui basta il solo mutare dei nostri pensieri. La rimembranza dei passati, la coscienza dei presenti, stabiliscono due epoche diverse, per ciò disunite; l' intervallo che le disgiunge, ecco il tempo.

431. La divisione di esso in giorni fu per certo la prima a nascere nella mente degli uomini. Il levare ed il tramontare del sole sono fenomeni che percuotono i sensi solennemente. Chi potea non accorgersi della smisurata differenza dalla luce alle tenebre, chi non prevalersi de' loro periodici e sì frequenti ritorni?

432. *Giorno* significa propriamente presenza della luce, o sia quello spazio di tempo che passa dal nascere al collocarsi del sole: in questo senso viene anche detto giorno *naturale*, cioè determinato dalla natura. All' incontro, si appella giorno *artifiziale* quel tratto di tempo che separa due successivi nascimenti del sole, o vero due successive cadute dall' orizzonte; quel tempo, in somma, consecutivo, che abbraccia un giorno naturale ed una notte.

433. Avverto che nell'Enciclopedia si usan le voci, *naturale* ed *artifiziale*, in significato contrario all' esposto. Io seguo *Macrobio*, *Riccioli*, *Bailly*, *Lalande*, ecc. Ei mi sembra che *naturale* debba chiamarsi quell' intervallo che gli uomini non possono alterare; qual è senza dubbio dal nascere al tramontar del sole. *Artifiziale* apparisce poi manifestamente il secondo, che ho diffinito sopra; poichè altre nazioni (che appresso nominerò) lo han preso da un mezzodì al susseguente; altre da una alla prossima mezzanotte; altre, come s'è detto, tra due successive apparizioni o sparizioni del sole.

434. La seconda divisione del tempo debbe essere stata quella de' *mesi*. Il ritorno periodico delle fasi lunari tira a sè l'attenzione potentemente, e pochi esser possono gli uomini che vivano ignari delle avvicendate trasmutazioni d'un astro, il qual riempie di vaghezza di tratto in tratto lo stesso orror della notte. Da un plenilunio all'altro non sono poi tante le giornate d'intervallo, che non dovessero molti pigliar diletto di noverarle. Far ciò più volte, e nascerne il mese, è tutt'uno. Sono elleno in vero di numero frazionario, cioè 29 1/2 solamente; ma fatto il mese di trenta, sarà passato ne' primi secoli inosservato l'errore di mezza giornata, o, più giustamente, d'ore 11 1/4; e intanto la luna somministrava una misura molto comoda del tempo.

435. Se non che l'intervallo d'un mese essendo anzi lungo che nò, sarà poi nato il ripiego di quadripartirlo, seguendo prossimamente la norma di quelle fasi lunari, che più apertamente distinguonsi l'una dall'altra, e che sono, come ognun sa, Novilunio, Primo quarto, Plenilunio, Ultimo quarto; e ciò avrà prodotto l'invenzion delle *settimane*.

436. L'ultima ad istituirsi misura del tempo sarà senza fallo stata quella dell'anno, poichè a stabilire i confini di sì prolissa durazione occorevano osservazioni più dilicate, men facili e men popolari. Abbiam dimostrato (Cap. XVIII) che il nostro globo

valica i cieli continuamente, accerchiando il maggior luminare. S'immagini il lettore una linea tirata sul piano dell'orbe terrestre (407), la qual passi pel centro del sole, e vada ad investire una stella. Dal momento nel quale il centro della terra traversa questa linea, sino al momento in cui, terminata l'intera girazione, ritorna a passare per essa, trascorre appunto quel tempo, cui si dà il nome d'*anno siderale*. Quest' è l'idea, la definizione, il significato stessissimo che abbiamo esposto (300, 314) relativamente agli altri pianeti.

437. Or la difficoltà di determinar puntualmente quel tratto di tempo consiste nel cogliere e riconoscere senz'abbaglio l'istante del transito per la mentovata linea, la quale non è che mentale, e la cui situazione precisa si diffinisce per via d'osservazioni astronomiche. Molti secoli, e molti son trapassati prima di pervenire a circoscrivere esattamente la durazione dell'anno terrestre.

438. A saper prossimamente quella dell'*anno tropico* (421), da cui è poi facile dedurre il sidereo, abbondano in vero i mezzi. Il più facile da usare, e che sarà stato de'primi immaginati, è il progresso dell'ombra d'un corpo stabile. Ogni bastone, confitto da un capo sodamente nel suolo, in luogo aperto al sole, basta all'uopo. Imperciocchè l'ombra di qualsivoglia corpo, il qual sia percosso dai raggi solari, muta grandezza ogni dì, purchè sia guardata mai sempre nell'ora e minuto medesimo. Giova poi d'osservarla al momento del mezzodì, poichè allor la lunghezza dell'ombra, duranti tre o quattro minuti, non varia; quindi si ha tutto l'agio di misurarla accuratamente, il che non avviene in tutt'altro momento della giornata.

439. Ed acciocchè non resti ad alcun celata la ragion delle cose, si concepisca o si aspetti d'aver sott'occhio una mosca, la quale ascenda su per lo cerchio d'una ruota da carrozza mentre questa sia ferma. La salita, ch'è ripida ne'fianchi, riesce sem-

pre più dolce, secondo che la mosca viene appressandosi al culmine della ruota; nelle vicinanze del quale passeggia la mosca per un certo tratto, senz' andar su nè giù, siccome sur un piano orizzontale. Questo tratto è d' un grado circa, cioè della trecensessantesima parte dell' ambito della ruota; perciocchè la curvità d' una tal porzione di cerchio è sì piccola che fugge al senso. Ora il sole, d' intorno al mezzodì, perviene alla massima altezza, come egnun vede, nel cerchio che in quella giornata ci descrive, o sembra descrivere in grazia della rotazione (Cap. XIV) del nostro globo. Per ciò nella culminazione trascorre qualche minuto senza che il sole apparisca elevarsi nè declinare.

440. Ad intendere adesso, come il variare dell' ombra possa manifestare la lunghezza dell' anno, si osservi che quando il sole è più alto, l'ombra è più breve; quand' è più basso, più lunga. La maggior elevazione meridiana del sole si para davanti ad ogni occhio d' intorno ai 21 di giugno; il maggiore abbassamento d' intorno ai 21 di dicembre. Adunque nel primo caso l' ombra dee farsi vedere la più corta possibile, nel secondo la più allungata. Per tanto è mestieri che un anno tropico intero trascorra, affichè l' ombra ritorni ad asser la minima o ritorni ad esser la massima. Notisi in questo mentre, quanto osservabile sia la differenza tra l' una e l' altra, poscia che nella latitudine di Modena, per esempio, è maggior della doppia altezza del bastone dal suolo misurata a perpendicolo.

441. Ora il variar dell' ombre non d'altro viene per certo che dal mutar luogo che fa la terra continuamente negli spazi celesti. Se rimanesse mai sempre ferma in un posto come fa il sole (Cap. XVIII), la posizion relativa non si cangiando, ogni paese il vedrebbe alle stesse altezze ogni dì nelle ore medesime. Quando metteremo in aperto la causa della differenza delle stagioni, si comprenderà come nasca, dal moto della terra, eziandio la differenza dell'om-

bre, e perchè la restituzione di queste costituisca l'anno tropico, più tosto che il siderale. Per ora ci bastino i fatti, che ognun può mirare a sua posta. Da' 21 di giugno sin' 21 di dicembre vedrai l'ombra crescere ogni dì, finchè arrivi alla massima sua lunghezza. Ne' susseguenti sei mesi, cioè dai 21 di dicembre ai 21 del successivo giugno, vedrai l' ombra decrescere quotidianamente finchè giunga alla minima sua grandezza. Se tu volessi misurare la tirata dell'anno dal ritorno dell' ombra massima o della minima, potresti fallare di qualche giorno, perciocchè tanto l' una quanto l' altra conservano alcuni dì una lunghezza medesima appresso a poco, per motivo analogo a quello che ho già spiegato, e che la conserva per alcuni minuti al meriggio. La terra, accerchiando il sole in un anno, conviene che arrivi una volta sul culmine di quell' orbe ch'ella descrive, ed un' altra alla massima depressione nell' arco opposto, che nella ruota da carozza è quello che posa sul suolo. Nel camminare per ambidue questi archetti nè si alza nè si abbassa sensibilmente; per conseguenza non vede mutarsi l'altezza del sole, e quindi l'ombre dimorano permanenti; ne' quali incontri dicesi il sole essere nel *solstizio*, giacchè questa voce corrisponde in origine *a Solis statio*, che significa *stazione del Sole.*

442. A non prendere abbaglio nè pur d' un giorno bisogna dunque osservar la venuta ed il ritorno dell' ombra in que' tempi, ne' quali la sua lunghezza da un giorno all' altro si cangia più. Ciò succede in marzo, o pure in settembre; ne' quali mesi la variazione diurna dell' ombra nelle nostre regioni agguaglia un settantaduesimo dell' altezza del bastone. Se questo s' erga, a cagion d' esempio, sei piedi dal suolo, la variazione dell' ombra sarà la duodecima parte d' un piede, quantità abbastanza visibile, perchè niuno possa ingannarsi nelle misure.

443. Or vengo all' atto pratico, e suppongo fatta la prima osservazione, cioè presa la lunghezza del-

l'ombra, in un giorno di settembre. Cresceranno poi l'ombre fino in dicembre; quindi andranno accorciandosi successivamente, finchè in marzo verrà quel dì nel qual l'ombra sarà appresso a poco della lunghezza notata allorchè fu presa la misura. Ma questo intervallo non può costituir l'anno, poichè l'ombra non ha goduto di tutte le sue lunghezze diverse. Bisogna aspettar ch'ella seguiti ad abbreviarsi infino al maggior suo scemamento in giugno, e che di là in poi rallnngandosi, finalmente pervenga a quella misura che fu registrata nella prima osservazione. Tenutosi intanto esatto conto del numero dei giorni trascorsi dopo di quello in cui essa fu fatta, ed il quale non dee noverarsi, ogni persona con questo mezzo può convincere sè medesima, l'anno esser composto di giorni 365.

444. Avvertite bensì, che al compimento di questi non troverete giammai (fuor di giugno e dicembre) la lunghezza dell'ombra puntualmente uguale a quella che misuraste da prima. Sarà più lunga, o più corta, un quarto circa del suo variamanto da quel di al susseguente. Il che significa chiaro al par della luce, che dopo i 365 dì manca ancora da circa la quarta parte d'un giorno perchè la terra pervenga a quel punto dell' orbita sua, nel qual l'ombra meridiana debb'esser del tutto eguale alla primitiva.

445. Dal piccolo svario nell'ombra è impossibile ricavare quante ore, quanti minuti, quanti secondi rimangano a correre, sin a tanto che il centro del nostro globo traversi istantaneamente quel punto. E pur cotal precisione è quella che cercasi, a ben sapere la vera durata dell'anno.

446. Potete bensì lasciar trapassare altri 365 giorni, ed allora scorgerete che nel meriggio dell'ultimo l'ombra terrà appresso a poco il mezzo tra l'estensione che osservaste da bel principio, e quella che mirerete nel dì vegnente. Se ancor lasciate trascorrer 365 giorni, vedrete il primo error triplicato, talmente che la lunghezza dell'ombra nel dì da poi,

avrà passato il limite dell' osservazione primordiale di tanto di quanto era deficiente nella seconda. Piacciavi finalmente aspettare ancora il tragitto, non più di 365, ma di 366 giorni, e vedrete l' ombra sì fattamente uguale alla primitiva, che difficilmente vi accorgerete del tenue divario che ci ha.

447. Egli è ben manifesto, dal progresso dell'ombre esemplificato sin qui, che la girazion della terra d' intorno al sole si compie in giorni 365 1/4 *circa;* ma quanti secoli bisognarono per conoscere esattamente i minuti e secondi corrispondenti a quel *circa!*

448. A determinare l' anno terrestre gli astronomi posero in opera le osservazioni degli equinozi. I punti equinoziali sono que' due nei quali si tagliano insieme i due cerchi, l' equatore e l' eclittica (21,22). Quando osserviamo il sole o nell' uno o nell' altro di que' punti, allora il giorno sarebbe eguale in lunghezza alla notte (e questo è il senso della parola *equinozio*), se non fosse protratto alquanto dalla rifrazione (181). Osservare e determinare il momento, nel qual la terra girando arriva a mirare il sole in que' punti, chiamasi *osservazione degli equinozi.* Cotal momento si è quello dell' ingresso del sole nei segni dell' ariete e della libra (22); ingresso di cui si legge l' ora e il minuto in ogni lunario ; se non che da' lunari non deesi pretendere tutta l' esattezza, qual si ritrova nelle Efemeridi e nel nostro Almanacco. Eccomi a dire per tanto, come si cava la lunghezza dell' anno da simil fatta osservazione.

449. Se ne pigliano due, rimote l' una dall' altra quanti secoli più si possa, con quell' industria che abbiamo divisata allorchè andavamo indagando l'anno de' pianeti (313). L' intervallo di tempo fra di esse, espresso in giorni, si compartisce sul numero degli anni, e ne emerge la tirata dell' anno esattissima, posciacchè gli errori delle osservazioni si perdono, suddivisi in gran moltitudine d' anni. Un esempio renderà manifesta l' utilità e sicurezza del metodo.

450. Tra un equinozio, osservato anticamente da Ipparco, ed un altro recentemente dal *Lalande* (*Astronomie*, 884) sono passati 1897 anni, manco 13 giorni, 13 ore, 28 minuti. Il numero degli anni tra un equinozio e l'altro debb' esser giusto, senza frazione alcuna; e però quel difetto di giorni dipende dal non essere del tutto esatta l'introduzione d'un bisestile ad ogni 4 anni. Si riducano in giorni gli anni 1897, in ragion di 365 l'uno, e si avranno giorni 692405; a' quali si aggiungano 475 a cagione de' bisestili caduti in quel corso di tempo; si detraggano poi dalla somma i giorni 15, ore 13, minuti 28, mancanti come sopra a compire gli anni 1897; e questo numero d'anni troverassi comprendere giorni 692864, ore 10, min. 32. Si divida questo numero di giorni, ore, ecc., pel numero 1897 degli anni, e ne uscirà dal confronto delle due mentovate osservazioni, l'anno esser composto di giorni 365, ore 5, min. 48, secondi 45 circa.

451. Bisognerebbe che ci fossero 1897 secondi d'errore nelle due osservazioni, perchè ne venisse l'errore d'un solo secondo nella durata dell'anno. Di qui si vede il grande avvantaggio del prendere un intervallo di tempo il più lungo possibile. Ma quand'anche l'error delle osservazioni fosse maggiore si trova la via di renderlo affatto insensibile comparando, a due a due, molte e molte osservazioni d'equinozi, imperocchè, pigliando il medio fra tutti i risultamenti, come facemmo altre volte (82), si ottiene una sicurezza ed una precisione grandissima in proporzione alla moltitudine delle fatte comparazioni. Con questi mezzi, ed inoltre applicando certe correzioni sottilissime, cui non possiamo per ora dare ad intendere nè men per enigma, è stato determinato l'*anno tropico* della terra, di giorni 365, ore 5, minuti 48, secondi 48, e v'ha ragion di fidarsi che tal determinazione non pecchi nè pur d'un minuto secondo. Egli è poi ammirabile che la stessa stessissima sia stata trovata 728 anni fa dall'astronomo

persiano *Omar Chejam* (*Bailly*, *Hist. de l'Astr.*, Tom. I, pag. 250).

452. Nel cercar l'anno planetario, abbiamo prima determinato il sidereo (314); poscia ne abbiam dedotto il tropico (411, 423). Per trovar l'anno terrestre si batte la strada inversa, non essendo ugualmente facile comparare il sole alle stelle vicine, come si fa dei pianeti (302), e mancando massime tali comparazioni ne' tempi anteriori alla non antica scoperta de' cannocchiali.

453. L' anno tropico è terminato quando la terra ritorna a vedere il sole in uno stesso punto equinoziale; ma ella non ha già finito allora di correre un' intera circonferenza; imperocchè il punto equinoziale si move (421), e le va incontro pel tratto di secondi 50 1/4, sicch' ella il ritrova prima di giungere a quella linea, che abbiam da principio supposta (436), e nella quale si compie l' *anno sidereo*. Questo adunque è più lungo del tropico tanto tempo quanto fa d' uopo alla terra per camminare lo spazio di secondi 50 1/4 dell'orbita sua. Cotal quantità di tempo si raccapezza mediante questa regola del tre: Se bisognano alla terra giorni 365 1/4, per correre 360 gradi, o sia 1296000 secondi, vale a dire una intera circonferenza d' intorno al sole, quanto tempo le occorrerà a valicare secondi 50 1/4? Computando rinviensi 1244 secondi; o vero 20 minuti, 24 secondi; i quali, aggiunti all' anno tropico, fanno montare il siderale a giorni 365, ore 6, minuti 9, secondi 12. Questa è poi la quantità che dovrebbe impiegarsi, in vece di 365 1/4, nella regola del tre, se si volesse rifarla con l' ultimo scrupolo.

454. Dell'anno sidereo han bisogno solamente gli astronomi (316, 320); ma il tropico è quel che determina le stagioni, avendo per limiti gli equinozi; e però serve a comporre anche l' *anno civile*, come vedremo. Il tropico si denomina eziandio *rivoluzione periodica* o *rivoluzione tropica*.

455. Dividendo a quel modo che s' è praticato

(422), la circonferenza, o vero 1296000 secondi, per la rivoluzione tropica della terra o sia per giorni 365, ore 5, minuti 48, secondi 48, si ottiene espressa in secondi la lunghezza dell' arco, che il nostro globo trascorrerebbe ogni dì, se il moto suo fosse equabile. A fare tal divisione con esattezza, è d' uopo convertire le ore, i minuti e i secondi del divisore in una sola frazione di giorno, la qual viene ad essere 242 millesimi prossimamente. Il quoziente della divisione ascende a secondi 3548 1/3, che aggua- gliano minuti 59, secondi 8 1/3. Quest' è il moto medio diurno della terra; il qual poi si attribuisce al sole nelle tavole astronomiche, continuando a parlare all' antica secondo le apparenze (298).

436. L' anno tropico, e il moto diurno della terra che abbiamo rinvenuti, spettano alla tavola (423), a compimento della quale ci resta da dire, che la longitudine media della terra, nel giorno 31 dicembre 1802, al mezzodì, va a' 99 gradi, 11 minuti, 2 secondi. Se si aggiungono 180 gradi, si conseguisce la longitudine media del sole: se ne vedrà la ragione or ora nella longitudine vera.

437. Dividendo per 24 il moto diurno si ottiene l' orario: e però la terra descriverebbe ad ogni ora un arco di 148 secondi, poco meno se si movesse uniformemente. Alla fine dividendo per 60 il cammino orario, spicca essere il moto in un minuto, di presso a secondi 2 1/2.

438. Per avere la longitudine vera della terra in qualsivoglia tempo, si deve procedere a norma de' precetti sminuzzati (425), pigliando il luogo dell' afelio (409) e l' equazione massima (406). Che se poi si aggiunga il valsente d' un semicerchio o sia 180 gradi, si viene a conoscere la longitudine vera del sole, essendo manifesto, che il luogo di lui visto dalla terra, debb' essere diametralmente opposto al luogo di lei, visto dal sole (316).

439. La prima scoperta delle 6 ore circa, che bisognava accoppiare a 365 giorni, per costituir la du-

rata dell'anno, sembra antichissima, comechè molto tardi applicata a correggerlo. Platone la intese come un arcano dai sacerdoti d'Egitto, e l'anno seguitò lungamente ancora a valutarsi composto di giorni 365. Con questo metodo ogni quattr'anni nascea l'errore d'un giorno, talchè il quinto anno pigliava principio un dì avanti del dovere. Al terminare d'anni 365 circa, tutte le stagioni trovavansi trasmutate. I mesi della primavera avran servito all'inverno, poi dopo il corso d'altri anni 365 all'autunno; e così discorrendo.

460. Adesso una, adesso altra nazione s'accorse del perturbamento, e vi appose diversi rimedi. Ma il genuino fu eletto da Giulio Cesare, che anche fra l'armi prendea diletto degli studi astronomici (*Pharsal.*, X, 185); e che a tal bisogna fece venire d'Alessandria d'Egitto il matematico Sosigene. Allor fu instituito l'*anno bisestile*, composto di 366 dì, e ricorrente ad ogni quattr'anni una volta, rimanendo tre successivi sempre formati di giorni 365.

461. Gli anni procedenti con questa legge sono stati quindi chiamati *Giuliani*, dal nome di Cesare. L'anno 45 avanti l'Era Cristiana fu il primo a seguire il decreto di lui, cui spettava sì fatto regolamento, siccome a dittatore e pontefice insieme. E per rimettere le stagioni ne' mesi, ove siedono attualmente, gli fu mestieri allungar di 90 giorni l'anno antecedente, al qual venne quindi l'appellazione d'*anno di confusione*.

462. Il giorno *intercalare*, aggiunto all'anno comune per comporre il bisestile, fu da Cesare collocato nel 24 febbraio, accrescendo questo mese dai 28 ai 29 giorni. Il dì 25, in cui si celebrava la festa per l'espulsion dei Tarquinj, appellavasi dai Romani *sesto delle calende*. Il medesimo nome fu imposto anche al giorno intercalare; se non che, per distinguerlo dal susseguente, denominossi, *due volte sesto*, che in latino vale *bis sexto*, donde provenne l'appellazione degli anni *bisestili*.

463. Per quanto fosse ben immaginata la riforma di Cesare, non bastava alla lunga a scansare ogni errore. Supponeva essa di giorni 365 1/4 precisamente il periodo dell'anno. Ma noi abbiamo poco innanzi veduto (451), che in vece d'un quarto di giorno, o sia d'ore sei, il vero eccesso sopra i 365 consiste in ore 5, minuti 48, secondi 48. Or questo eccesso, quadruplicato, costituisce in un quadriennio 23 ore, 15 minuti, 12 secondi; laonde, accrescendo un giorno, nell'anno bisestile, aggiungeansi 44 minuti, 48 secondi più del dovere. A capo d'anni 128 1/2 circa, cotali erronee aggiunte accumulate ascendevano a 24 ore; e l'anno s'incominciava un giorno più tardi del giusto, chiamando primo quel dì che in realtà era il secondo.

464. Dall'anno 325, nel quale il Concilio di Nicea statuì che il dì 21 marzo dovesse sempre essere quello dell'equinozio, infino all'anno 1582, in cui succedette la riforma di Gregorio XIII, nel giro cioè di 1257 anni, l'anticipazione montò a giorni dieci, di modo che l'equinozio veniva a cadere effettivamente nel dì 11 marzo, giacchè il Concilio non avea preso gli opportuni concerti co' celesti fenomeni onde il suo decreto potesse ricevere esecuzione. Se fosse andato avanti il disordine, a capo d'altri 1400 anni il principio di primavera sarebbe entrato in febbraio. Molti valentuomini ne menaron rumore, invocando un rimedio, e furono finalmente ascoltati. Il Pontefice soprannominato ne radunò parecchi in Roma, e la grand'opera fu trattata con tutta la diligenza che ben meritava.

465. Poichè l'errore era d'un giorno in anni 128 1/2, ascendeva per conseguenza a tre di nel decorso di quasi 400 anni; e però a togliere questi tre, che ci stavan d'avanzo, il ripiego adottato fu quello di sopprimere un bisestile ogni secolo, ammettendolo solamente ogni quattro secoli. Gli anni bisestili sono stati instituiti in modo, che vengono a cadere in tutti i numeri d'anni che son divisibili

per 4. Per esempio il 1796 è numero divisibile per 4, ed è stato bisestile. Non sono divisibili per 4 il 1797, il 1798, 1799, e perciò sono stati anni *comuni*, cioè composti di 365 giorni. Seguita il 1800, ch'è divisibile per 4, ond'esser dovea bisestile; ma siccome secolare, riman comune, in virtù della correzion gregoriana. Per la stessa ragione sarà comune il 1900, e lo fu il 1700. Questi sono tre bisestili soppressi; e poichè il quarto secolare si deve ammettere, quindi l'anno 2000 sarà bisestile. Per tanto l'emendazion gregoriana colpisce gli anni che compiono i secoli. Oltre a ciò, per riparare il disordine antecedente, il Breve di Gregorio XIII, il qual porta la data del 24 febbraio 1581, prescrisse che si troncassero dieci giorni del mese d'ottobre 1582; di modo che il dì 5 fosse detto 15, e poi si procedesse coll'ordine solito.

466. L'ordinamento che ho riferito, e la cui necessità era evidente, venne accettato senza difficoltà da tutte le nazioni cattoliche. I Protestanti di Germania lo ricevetter solamente nel 1700 o in quel torno. Persistettero gl'Inglesi, a valersi degli anni giuliani infino al 1752; nel qual anno cedettero finalmente all'esempio di tutta Europa, da cui si eccettui soltanto l'imperio russo, nel qual persevera tuttavia l'antica abitudine, e dove si contano 12 giorni di meno degli altri popoli. Dico 12, perchè all'errore dei 10, corretto nel 1582, si sono accresciuti due giorni negli anni 1700, 1800, fatti bisestili dai Moscoviti, alla giuliana, mentre noi gli abbiam fatti comuni, alla gregoriana. Il dì 21 marzo, a cagion d'esempio, si dice in Moscovia 9 marzo, ed è in quest'anno il principio di primavera; e coloro che temono gli equivoci, scrivendo di là ad altri paesi fuor del dominio dello Czar, fanno la data così, 9/21 marzo; che significa 9 secondo il vecchio stile giuliano, e 21 secondo il gregoriano.

467. L'anno gregoriamo, spesso comune, talvolta bisestile, è figlio del tropico, siccome appar dallo

cose dette, si nomina *anno civile*, poichè con esso si regola la società. Corrisponde in vero ai fenomeni celesti con esattezza bastante per lunghissimo tratto di tempo, non però con perfetta per sempre. Imperocchè l'errore d'un giorno, qual s'è già detto, in anni 128 1/2, produce errori di 7 giorni in anni 900, e per conseguente di giorni 28 in anni 3600. Ora con togliere 3 bisestili ad ogni 400 anni, si viene a reciderne solo 27 in 3600. Si toglie dunque un giorno di meno di quel che farebbe mestieri: laonde per aggiustar le partite bisognerebbe che l'anno 5200 fosse comune in cambio d'essere bisestile, qual lo vorrebbe la riforma gregoriana. Dico l'anno 5200, poichè il primo secolare dopo d'essa fu il 1600, al quale aggiungendo 3600, si va al 5200. Ma questo errore è lontano di tanti secoli, che non si vuole nella riforma travagliarsene; e possiamo noi pure abbandonare tranquillamente il pensiero a chi vivrà in tempi cotanto da noi remoti.

468. Sussiste bensì tra i più dotti cronologisti disparer di quattr'anni sul tempo preciso della nascita di Gesù Cristo, dalla qual numeriamo gli anni dell'Era nostra. Meno importante per ciò diviene quella questione, la qual insorge sovente ne' crocchi: l'anno, che usiam nelle date è egli quello che corre attualmente, o l'ultimo già compiuto? Secondo i legali, e la comune usanza, l'età degli uomini si conta ad anni compiti. *D'un anno non si dice il bambino, appena nato, ma nel suo trecensessantesimo quinto dì* (*Digest. l. anniculus*, *De verb. signif.*). Ma secondo gli astronomi e cronologisti, l'anno principiato si annovera come finito (al che accondiscendono anche i legali nelle cose di grazia); cioè regna il numero dell'anno intero, per tutto il corso dei dodici mesi che lo compongono. Il penultimo, numerato 1800, fu dunque l'anno millesimo ottocentesimo dalla nascita di G. C., l'ultimo del secolo decimottavo, ma non si può dire con egual verità che i secoli dell'Era Cristiana fossero 18, nè gli anni 1800,

se non ricevevano il loro compimento a' 31 dicembre dell'anno anzidetto. Quest' è, in ultima analisi, il divario che passa dal dire 1800, al dire millesimo ottocentesimo; dal dire 18, al dire decimottavo; comechè nell' uso confondasi una cosa con l' altra.

469. Differiscono poi gli astronomi dai cronologisti nel noverare gli anni del mondo avanti G. C. I primi chiamano *zero* l' anno in cui credesi nato il Salvatore ai 25 dicembre; i secondi lo chiamano *uno avanti G. C.* La ragion del procedere degli astronomi si è, per non fallare d' un anno nelle loro tavole del sole e dei pianeti, le quali non andrebbero più d'accordo coi fenomeni celesti. Darò ad intender ciò con un esempio storico. Secondo i cronologisti, Giulio Cesare fu tolto di vita nel mese di marzo dell' anno 44 avanti G. C. Ognuno poi sa che la morte del Redentore comunemente si stabilisce avvenuta nel corso dell' anno suo 33, nello stesso mese di marzo o in principio d' aprile. Ora 44 anni avanti, e 33 dopo, formerebbero la distanza d' anni 77, dalla morte di Cesare a quella di Gesù Cristo. Ma in realtà questo spazio è di soli 76; poichè avanti l' uccisione di Cesare erano trapassati circa tre mesi dell' anno 44, e dopo quella di G. C. rimasero di passar 9 mesi dell' anno 33. Dunque, dicendo 44, comprendiamo tre mesi, che sono fuori dell' intervallo cercato; e dicendo 33, comprendiamo nove mesi, che sono fuori dell' intervallo medesimo. Ecco nascer l' errore d'un anno di più; dal qual errore scampano gli astronomi, nominando 43 avanti G. C. l' anno in cui Cesare fu spento. Stia per tanto avvertito chi piglia dai cronologisti le distanze del tempo, esser d'uopo scemare uno dagli anni anteriori a Gesù Cristo.

470. La ragion che determinò gli antichi a cominciar l' anno dieci giorni circa dopo il punto di mezzo nel solstizio d'inverno, sembra essere stata, perchè a capo dei detti giorni principia a rendersi sensibile il risalire del sole, dietro al suo infimo abbassamento, il qual segue ordinariamente a' 21 dicembre. Era

giustissimo che l'entrata dell'anno, il qual è un ciclo tutto astronomico, fosse definita e contrassegnata da un fenomeno astronomico; ma a tale intento era d'uopo cominciar l'anno nel dì medesimo del solstizio o sia della massima depressione apparente del sole. L'averlo cominciato alquanti giorni dopo, è un difetto gravissimo, il quale non può scusarsi altro che con l'ignoranza dei primi institutori. Del resto, la terra, col riprodurre i suoi germogli in primavera, sembrerebbe indicare che l'anno nuovo dovesse più convenientemente esordire con questa stagione, la qual entra in aringo nel giorno dell'equinozio.

471. Or, venendo a parlare de' *mesi*, dirò: che il primo fu denominato Gennajo, cioè dai latini *Januarius*, ad onor del Dio Giano. Il Febbrajo era consacrato a Februo, il Dio dei morti. Marzo ebbe il nome da Marte, e fu il primo de' mesi instituiti da Romolo, il qual pretendeva discendere da quel Dio. Aprile si crede provenga da un' appellazione greca di Venere, cui fu dedicato da Romolo; Maggio da Maja, madre di Mercurio; e Giugno da Giunone. Luglio, in latino *Julius*, fu così intitolato ne' posteriori tempi a contemplazione di Cesare, ch'era nato in tal mese. Il senato romano impose il nome *Augustus*, che noi diciamo Agosto, al seguente, nel quale Augusto operò le sue più gloriose imprese. Come poi Romolo aveva formato il suo anno con 10 mesi solamente, così Settembre, Ottobre, Novembre, Dicembre significano settimo, ottavo, nono e decimo mese. Successe Numa, ed accrebbe due meci all'anno di Romolo.

472. Il numero ineguale ed irregolare dei giorni di ciascun mese trae l'origine, parte da questi due primi re di Roma, parte da Cesare; e non è giustificato da veruna ragione astronomica. Così non sarebbe di quel sistema, che fu proposto anni fa dall'astronomo parigino *Carouge*, ed a buon dritto testè applaudito dal professore padovano sig. Abate

Chiminello. Consisterebbe nel dar principio all'anno il dì del solstizio dell'inverno; assegnar giorni 30, nell' anno bisestile, ai tre primi, non che ai tre ultimi mesi, e giorni 31 agli altri sei; togliere finalmente un giorno negli anni comuni al primo mese, il qual resterebbe composto di giorni 29. Collocati così i mesi più lunghi in quella metà dell'anno nella quale il moto della terra è più lento (402), ne verrebbe il principio d'ogni mese a corrisponder sempre all'entrar del sole ne' rispettivi segni, o sia case, dello zodiaco, ed ogni stagione abbraccerebbe tre mesi interi. Ognun può riscontrar tutto ciò, esaminando nel calendario del nostro Almanacco gl' intervalli di tempo tra i successivi ingressi del sole ne' segni.

473. Abbiamo veduto sopra, qualmente la *settimana*, composta di sette giorni, debbe essere istituzione antichissima. Quanto poi alla derivazione de' loro nomi da quelli dei pianeti, vien essa attribuita agli Egizj. Facilmente s'intende che il lunedì era dedicato alla Luna, il martedì a Marte, il mercoledì a Mercurio, il giovedì a Giove, il venerdì a Venere, il sabato a Saturno; la domenica finalmente era consacrata al Sole, creduto allora un pianeta.

474. Gli Ebrei e i Romani spartivano sempre in dodici ore il *giorno naturale*, e in altrettante la notte. Tali ore per tanto variavano di durata continuamente. Un' ora di state, in questi climi, era lunga quanto due circa del verno, durante il giorno naturale; era tutto il contrario la notte. In oltre dividevano il giorno naturale in quattro parti principali, denominate prima, terza, sesta e nona. *Prima* cominciava al nascer del sole, *terza* tre ore dopo, *sesta* al mezzodì, e *nona* tre tre ore avanti il cader del sole. Probabilmente ciascuna nelle quattro denominazioni comprendeva e dinotava qualsivoglia momento delle tre ore, scorrenti sino all' entrar l'altro nome. Ognuno può quindi capire il significato di que' vocaboli nel Breviario della Chiesa Cattolica.

475. I Persiani, e la più parte de' popoli orientali, incominciavano il *giorno artifiziale* al levar del sole. Gl'Italiani han seguito sino a questi ultimi tempi la costumanza vetusta degli Ebrei e degli Ateniesi, di principiarlo al tramontar del sole, o mezz'ora dopo. Ipparco e Tolomeo contavano le 24 ore da una mezzanotte all'altra, e tal sembra che fosse l'usanza contemporanea di Roma e dell'Egitto. Prende tuttora il principio del giorno dalla mezzanotte la Chiesa Romana, e la maggior parte delle nazioni d'Europa, donde l'ore, di lì noverate, si nomano *europee;* ma se ne contano 12 infino al mezzodì; poi si torna da capo a contarne altre 12 dal mezzodì alla mezzanotte. Le prime si appellano *ore della mattina,* le seconde *ore della sera*, per evitare la confusione che nascerebbe dall'eguaglianza dei numeri. Tutti gli astronomi pigliano il cominciamento del giorno dal mezzodì e contano fino a 24 ore per giungere al mezzodì susseguente. Però quando dicesi nella società, li 2 gennaio alle ore 8 della mattina, gli astronomi dicono in vece, il primo gennaio a 20 ore. Questo è il *tempo astronomico*, quello il *tempo civile.*

476. L'*ora* si divide in 60 minuti o sia minuti primi; il *minuto* in 60 secondi; o sia minuti secondi; il *secondo* in 60 terzi; e così successivamente.

CAPITOLO XXI.

Del Calendario.

477. L'anno e le sue divisioni, di che abbiam favellato nel Capitolo antecedente, fanno, a così dire, il telaio del calendario; telaio che può servire a tutti i riti diversi delle nazioni.

478. La voce *Calendario* vien da *Calende*, ch'era il nome del primo giorno d'ogni mese, il quale scrivevasi da' Romani con lettere maiuscole. Il nostro Calendario prende origine da Romolo, e fu riformato successivamente da Numa, da Giulio Cesare, e da

Papa Gregorio XIII, siccome abbiam dichiarato nel detto Capitolo.

479. Nel presente raccoglieremo in compendio ciò che si trova diffusamente ne' trattati d'Astronomia circa la struttura particolare del Calendario cattolico; la qual dipende in gran parte dall'uso e significato di quei vocaboli, che sotto nome talvolta di *appartenenze dell'anno* sogliono collocarsi al principio d'ogni efemeride o diario, a quel modo che furono sempre nel nostro Almanacco.

480. Cominciando dal *ciclo solare*, convien sapere che ad ogni anni 28 giuliani (461) i medesimi giorni della settimana ritornano a cadere ne' giorni stessi del mese, qualunque sia l'anno da cui si contino i 28, solamente che non comprendano un secolare comune. Per esempio, nell'anno 1800, i nomi ed i numeri de' giorni, sino ai 28 febbraio, coincidono affatto con quelli dell'anno 1772. In appresso la regola rimane interrotta, e non corre se non dal 1801 al 1899; avvegnachè l'anno 1800 è comune in conseguenza della riforma gregoriana, in cambio d'essere bisestile conformemente a quella di Cesare. L'enunciato circolo d'anni 28 è quello che appellasi *ciclo solare*, e che servì, alla primitiva Chiesa per trovare i dì della settimana.

481. A tale intento si fa uso delle prime sette lettere maiuscole dell'alfabeto, A, B, C, D, E, F, G, per dinotare i diversi giorni della settimana, a quel modo che or ora si esplicherà, e sono denominate *lettere dominicali*, per la dignità della domenica, quantunque servano a contrassegnar parimente ogni altro dì. Di fatto ne' calendari perpetui, che veggonsi in testa degli Uffizj, Breviari, Messali, ecc., il primo giorno dell'anno è notato al margine con la lettera A, il secondo con la B, ecc., il settimo con la G, quindi l'ottavo con l'A, il nono con la B, ecc., e con quest'ordine, così ripetuto 52 volte si compiono le 52 settimane dell'anno comune. Come poi queste compongono giorni 364, così all'ultimo

di rimanente dell'anno spetta la lettera A; e per conseguenza l'anno comune principia e finisce con giorno settimanale di un medesimo nome. Quella lettera poi, la qual corrisponde alle domeniche di di tutto l'anno, si chiama *lettera dominicale.* Per esempio, nel 1801 la prima domenica dell'anno è capitata nel dì 4 di gennaio, il quale è notato con la lettera D: adunque tutte le domeniche del detto anno saranno cadute in giorni contrassegnati nel calendario perpetuo con la D; ai lunedì sarà toccata la lettera E, al martedì la F, e così seguitando. Il medesimo anno è cominciato da giovedì, per lo che dovendo finire con giovedì, il corrente 1802 ha dovuto principiare di venerdì, e la prima domenica occupare il dì 3 gennaio, a cui spetta la lettera C. È dunque la C la lettera dominicale dell'anno 1802; e poichè nel 1801 è stata la D, se ne inferisca, le lettere dominicali procedere con ordine retrogrado. Sarà dunque la B la dominicale del 1803, la C del 1801, e ciò fin a tanto che gli anni sono comuni.

482. Quando poi sopravviene un bisestile, qual sarà appunto il 1804, non essendoci lettera nel calendario perpetuo pel dì 29 febbraio (poichè avrebbe guastato la corrispondenza tra giorni e lettere negli anni comuni), allora le lettere dei dieci mesi susseguenti corrispondono a giorni avanzati d'un posto nella settimana. Vediamone la prova. L'ultimo bisestile è stato il 1796: cominciò da venerdì, per lo che la domenica tenne il dì 3 gennaio, al quale compete la lettera C. Questa fu dominicale in gennaio ed in febbraio infino al dì 28 che fu domenica. Il 29, che è privo di lettera, tolse il lunedì; e quindi alla D, che appartiene al primo di marzo, toccò il martedì. La domenica susseguente ritrocesse perciò d'una sede, da quella che avrebbe goduta in anno comune, cioè dal dì 7 al 6, quindi ebbe di lì in avanti la lettera B. Ecco il motivo, per cui gli anni bisestili si appropriano due lettere dominicali. Spetta la prima ai due primi mesi, la seconda agli altri dieci.

243. Dalle cose dette avrà ognuno potuto dedurre che gli anni successivi incominciano d'ordinario co' giorni successivi della settimana, saltandosene uno dopo gli anni bisestili soltanto. Di fatti il 1796 bisestile essendo principiato di venerdì, il 1797 pigliò le mosse in domenica, il 1798 in lunedì, 1799 in martedì, e così discorrendo.

484. Ora è tempo di dare ad intendere la ragione, perchè bisognino 28 anni, acciocchè la corrispondenza dei medesimi giorni del mese con quei della settimana si avveri per tutto il corso d'un ciclo solare, paragonato ad altro ciclo, immediatamente anteriore o posteriore. Se gli anni fossero sempre comuni, ad ogni sette ritornerebbe la stessa lettera, e per conseguente lo stesso giorno del mese, a concorrer col medesimo dì della settimana; ma perchè ad ogni 4 anni il regresso delle lettere ed il progresso dei giorni settimanali ricevono alterazione, a motivo del giorno di più che s' intramette nel bisestile, per ciò fa d' uopo che tale alterazione accada sette volte acciocchè il dì intercalare percorra tutti i sette differenti giorni della settimana, dopo di che tornerà da capo l'ordine di prima.

485. Affinchè il ciclo solare giovasse a distinguere i tempi, gli è stata dal comune consenso assegnata una sede fissa. Secondo questa, l'anno 1800 viene ad essere il diciassettesimo del ciclo, e per conseguenza fu primo il 1784. Ritrocedendo di 28 in 28, si perviene a trovare che fu primo altresì l' anno nono avanti l' Era Cristiana. Adunque volendo sapere qual numero del ciclo solare appartenga ad un anno qualsiasi, passato o futuro; per esempio al 1787 (nel qual ebbe principio il nostro Almanacco), si aggiunga 9 a 1787, e la somma 1796 si divida per 28: il quoziente 64 dinota, che 1796 anni sono composti di 64 cicli solari; ed il residuo 4 fa conoscere che i detti anni 1796 comprendono inoltre anni 4 del ciclo sessantesimoquinto, di maniera che il 1787 fu il quarto del ciclo stesso.

486. La tavola seguente somministra le cose, di cui s' è parlato finora, pel corso d' anni 29 (e non 28 solamente acciocchè si veda nell'ultimo il ritorno del primo); e potrà servire infino all'anno 1899, poichè le medesime cose convengono agli anni 1801, 1829, 1857, ecc. Lo stesso si dica degli anni 1802, 1830, 1858, ecc. E così degli altri, aggiungendo 28 agli anni della prima colonna, una volta, due volte, tre volte, purchè non si passi il penultimo anno del secolo.

Anni.	Ciclo solare.	Lettere dominicali.	Primo dì dell' anno.
1801	18	D	Giovedì
1802	19	C	Venerdì
1803	20	B	Sabato
1804	21	A G	Domenica
1805	22	F	Martedì
1806	23	E	Mercoledì
1807	24	D	Giovedì
1808	25	C B	Venerdì
1809	26	A	Domenica
1810	27	G	Lunedì
1811	28	F	Martedí
1812	1	E D	Mercoledì
1813	2	C	Venerdì
1814	3	B	Sabato
1815	4	A	Domenica
1816	5	G F	Lunedì
1817	6	E	Mercoledì
1818	7	D	Giovedì
1819	8	C	Venerdì
1820	9	B A	Sabato
1821	10	G	Lunedì
1822	11	F	Martedì
1823	12	E	Mercolodì
1824	13	D C	Giovedì
1825	14	B	Sabato

Anni.	Ciclo solare.	Lettere dominicali.	Primo dì dell'anno.
1826	15	A	Domenica
1827	16	G	Lunedì
1828	17	F E	Martedì
1829	18	D	Giovedì

487. Chi volesse sapere la lettera appartenente a qualunque dì d'un anno qualsisia, nè avesse alle mani il Calendario Perpetuo, divida per 7 il numero de' giorni trascorsi dal principio dell'anno compreso il giorno di cui si tratta: se non v'è alcun residuo, la lettera è G, cioè l'ultima delle sette; se il residuo è 1, la lettera è la prima o sia A; se il residuo è 2, la seconda o vero B; e così discorrendo. Nella quale operazione il febbraio si considera di giorni 28 anche negli anni bisestili, giacchè s'è veduto (482) che il dì 29 non ha lettera.

488. Quando si conosce la lettera dominicale, si può col favor della tavola seguente saper il giorno del mese corrispondente a qualunque dì della settimana per tutto l'anno. Per esempio quando la lettera è D, come nel 1801, tutti i numeri della tavola spettano al mercoledì, ch'è notato sotto essa lettera; il qual cade per conseguenza ne' giorni 1, 8, 15, ecc., di aprile e di luglio; ne' giorni 2, 9, 16, ecc., di settembre e dicembre; e così degli altri. Saputi i numeri appartenento al mercoledì è poi facile dedur quelli che competono ad altro dì qual si voglia della settimana. Se l'anno è bisestile, il quale ha due lettere, la prima serve conforme al solito pei due primi mesi, la seconda per tutti gli altri.

Aprile Luglio	Sett. Dicem.	Giugno	Febb. Marzo Nov.	Agosto	Maggio	Gennaio Ottobre
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30					
G	F	E	D	C	B	A
Dom.	Lun.	Mar.	Merc.	Gio.	Ven.	Sab.

489. *Numero d'oro*, il qual chiamasi ancora negli almanacchi e lunari *numero aureo*, od *aureo numero*, indica gli anni d'un ciclo lunisolare. Ad ogni anni 19, cinque de' quali sien bisestili veggiamo tornare in congiunzione (303), ne' medesimi punti del cielo appresso a poco, il sole e la luna, la quale compisce in tal corso di tempo 235 lunazioni, o sia rivoluzioni d'intorno alla terra. E poi ogni anno lo stesso di quando il sole da noi si rivede nel medesimo grado dello zodiaco. Adunque le congiunzioni lunisolari, che è quanto dire i noviluni, rivengono allo stesso giorno in capo d'anni 19: all'incontro i 234 noviluni intermedi succedono tutti in punti del cielo diversi un dall'altro notabilmente. Riconosciute per tanto le giornate di 235 noviluni successivi, possono presagirsi quelle de' noviluni futuri, avegnachè *generalmente parlando*, il dugentesimo trentesimosesto deve succedere nello stesso dì del primo il dugentesimo trentesimosettimo nello stesso dì del secondo; e così procedendo. Fu questa per lunga pezza la sola maniera che avessero gli antichi per computare i tempi de' noviluni. Sì fatta scoperta parve a' Greci cotanto maravigliosa, che ne affissero il calcolo in *lettere d'oro* ne' luoghi pubblici.

490. Ho detto, *generalmente parlando*, poichè il ritorno non fallerebbe nè men di due ore, se l'intervallo di tempo da un novilunio al seguente fosse sem-

pre lo stesso. Ma come il variar posizione, che fa di continuo l'orbita della luna, per causa dell'attrazione del sole (di che si darà contezza opportunamente), altera il tempo della rivoluzione lunare, così la regolare falla sovvente di parecchie ore, che passano talvolta da un giorno all'altro. Ad esempio delle cose dette, i noviluni di ottobre, nel 1779 e nel 1798, sono accaduti entrambi il dì 9, con differenza di ore 1, min. 36 solamente; all'incontro, quelli di febbraio, negli anni stessi intervennero il primo nel dì 16, il secondo nel dì 15, alla distanza d'ore 17 circa dal compimento d'anni 19.

491. Il numero aureo procede dall'1 al 19, crescendo ogni anno d'una unità; poi ricomincia lo stesso ciclo, e così perpetuamente. Qual lo troviamo, il corrente ciclo ha avuto principio nel 1786; per conseguente il 1785 è stato il decimonono anno del ciclo antepassato. Togliendo da 1785 il 19 quante volte si può, si va a trovar primo del ciclo l'anno che precedette l'Era Cristiana, il quale si può elegger per epoca (poco importando ignorar l'origine del collocamento di questo ciclo nell'attual sua sede).

492. Quindi se vogliasi rinvenire il numero d'oro appartenente a qual anno si voglia, passato o futuro dell'Era suddetta, per esempio al 1800, si aggiunga 1, e la somma 1801 si divida per 19; il quoziente 94 indica il numero de' cicli trascorsi dall'epoca in poi; ed il residuo 15 manifesta il numero d'oro spettante all'anno 1800. Se niun residuo vi avesse il numero d'oro sarebbe il 19, ossia l'ultimo del ciclo; ciò sarà nel 1804.

493. Questo ciclo lunisolare sarebbe stato perpetuamente utile se andasse esente d'ogni errore; ma come 235 lunazioni medie cioè computate, d'egual durata, son difettive di ore 1, min. 27 circa, per agguagliare esattamente lo spazio d'anni 19 giuliani, da giorni 365 1/4 ciascuno; dal qual difetto ne viene che in anni 312 1/2 il ritorno de' noviluni succede un dì prima di quello che il ciclo decennovenale in-

dicherebbe, così al tempo della riforma gregoriana (465) esso ciclo, che avanti serviva al computo della luna pasquale, fu abbandonato, ed assunto in vece quello delle epatte, di cui tratteremo immantinente, e che serba soltanto una corrispondenza ordinale col numero d'oro.

494. *Epatta*, voce di greca derivazione, significa *aggiunta*, ed è quel tempo che manca all'anno lunare onde agguagliare il terreste. Per *anno lunare* non s'intende una rivoluzion siderale o tropica della luna intorno alla terra a quel modo che si è diffinito (300, 433) l'anno planetario ed il terrestre: s'intendono dodici rivoluzioni *sinodiche* della luna, cioè dodici ritorni alla congiunzione col sole od al novilunio; val a dire finalmente dodici lunazioni, o sia quante capiscono nell'anno terrestre. Ciascuna d'esse abbracciando giorni 29 1/2 (434), l'anno lunare viene a comprendere 354 giorni, e quindi è d'undici di più breve dell'anno comune terrestre.

495. Poichè dunque da un novilunio all'altro passano giorni 29 1/2 circa, passerebbero giorni 14 e tre quarti dal novilunio al plenilunio, se i moti della luna e della terra fossero equabili. Ma le ineguaglianze di essi fan sì, che talvolta il plenilunio cade nel giorno decimoterzo dell'età della luna, come si può vedere nel 1800, paragonando il novilunio del 20 agosto col plenilunio dei 3 settembre, la distanza de' quali è di giorni 12, ore 22, min. 23; e che spessissimo il plenilunio avviene nel giorno decimoquinto della luna, siccome parecchie volte in detto anno, e precisamente dal gennaio al maggio.

496. Or bisogna sapere esser regola della Chiesa Cristiana (e tal regola si attribuisce al primo Concilio generale, che fu quel di Nicea), di celebrare la Pasqua nella domenica susseguente al decimoquarto di della luna, che primo accada dopo il 20 marzo, val a dir che intervenga nel dì, o dopo il dì prefisso all'equinozio (464). Se il plenilunio sempre succedesse nel corso del dì quartodecimo della luna,

questa regola basterebbe, affinchè la Pasqua de' Cristiani non mai concorresse insieme con quella degli Ebrei; la qual si fa nel dì stesso del plenilunio. Ma poichè abbiam veduto che questo incorre sovente nel giorno quintodecimo della luna, il qual, quando fosse domenica, deluderebbe le intenzioni della Chiesa; ecco per ciò il ripiego che fu adottato nel tempo della riforma gregoriana.

497. Allora, per la cagione accennata poco sopra (495), v'era un ritardo di quattro dì nel calcolo de' noviluni cavati dal numero d'oro. Era d'uopo correggerlo, e si corresse in gran parte, e non però in tutto. Fu lasciato a bella posta il ritardo d'un giorno, acciocchè il decimoquarto della luna, computato col mezzo nuovamente abbracciato delle epatte, non mai precedesse il dì del plenilunio. Per cotal modo si ottenne in vero l'intento; ma si rese grandemente imperfetto il computo per via delle epatte, onde rinvenire i veri tempi de' noviluni. Imperciocchè questo computo suppone equabili i moti della luna e del sole (cioè della terra); il che può portare la differenza d'un giorno circa dal novilunio medio al vero. Se questo errore si congiunga e cospiri con l'altro, rimasto al tempo della riforma, potranno sovente le epatte porgere il novilunio due giorni circa più tardi del vero. Indaghiamone con pazienza la prova, imparando insieme a far uso di questa maniera di calcolo.

498. L'epatta può diffinirsi eziandio come un numero indicante i giorni d'età della luna al principio dell'anno terrestre, cioè nel dì primo gennaio. Se il novilunio s'imbatta, a cagion d'esempio, in tal dì, l'epatta di quell'anno è zero, poichè la luna non giunge entro il primo gennaio a compire un giorno dell'età sua. L'epatta dell'anno seguente sarà poi XI, essendosi detto già (494) che dodici lunazioni comprendono 354 dì; laonde il decimoterzo novilunio andrebbe a cascare nel 21 dicembre, e per conseguenza entro il primo del gennaio prossimo com-

pirebbe la luna gli 11 giorni d'età. Questo numero si raddoppierà, per le stesse ragioni, nel dì primo dell'anno terzo, e l'epatta di questo sarà XXII. Del quarto sarebbe 33, ma si dice III, poichè 30 appartengono alla lunazione antecedente. Di questo passo, aggiungendo sempre 11, e dibattendo 30, quando si può, si trova la serie delle 19 epatte, corrispondenti al ciclo del numero d'oro, e che sono tutte diverse l'una dall'altra, la qual proprietà le rende atte all'uopo cui servono.

499. Il dibatter 30, quantunque una lunazione abbracci solamente giorni 29 1/2 circa, lungi dal generare errori, giova anzi a correggerli, ed eccone la ragione. Il preciso intervallo medio tra due noviluni successivi occupa giorni 29, ore 12, min. 44. secondi 3, siccome a suo luogo sarà dichiarato. Ora considerando l'anno lunare di giorni 354, si viene a supporre il mese lunare di giorni 29 1/2 esattamente, cioè minori del giusto per 44 minuti, 3 secondi. Questa omissione, fatta dodici volte diventa di 8 ore, 48 minuti, 36 secondi al termine d'un anno lunare; ed ascende a giorni 7, ore 4, minuti 32 circa, in capo al ciclo di 235 lunazioni, corrispondenti a 19 anni solari (489). Ma la detrazione di 30 nel calcolo delle epatte succede sei volte solamente nel corso degli anni 19, siccome la tavola appresso dimostra, non comprendendosi l'ultima lunazione del ciclo; alla quale nel Calendario Gregoriano si assegnano sempre giorni 29. Adunque nelle 235 vi sono sei lune, alle quali si dà la durata di 30 dì, val a dire di ore 11, min. 16 oltre il dovere, per ciascheduna; la qual quantità in sei fiate produce due giorni, 19 ore, 36 minuti. Si dibattano la ore 12, min. 44, che si danno di meno all'ultima lunazione; resterà un eccesso di giorni 2, ore 6, min 52. Si aggiungano 5 dì a cagione degli anni bisestili, ne' quali il Calendario Gregoriano accresce un giorno alla lunazione in cui cade il dì 29 febbrajo. L'eccesso totale sarà di giorni 7, ore 6,

min. 52, che ricompensa quasi perfettamente il difetto trovato sopra di giorni 7. ore 4, min. 32.

500. La piccola esuberanza di ore 2, min. 20, che soprabbondano sull' età dell' ultima lunazione, è spenta in parte dal mancamento di ore 1, min. 27. che abbiamo accennato sopra (493). Si riduce adunque a minuti 33 lo svario d'un ciclo; se non che vi si arroge altro errore, dall'esser talvolta non cinque, ma solamente quattro gli anni bisestili nel corso del ciclo. Queste diseguaglianze si aggiustano correggendo l'epatta di un'unità nel principio del secolo, quando faccia mestieri. Dell' anno 1700 al 1900 non ce ne ha d' uopo. Ecco l'ordine delle epatte, che seguita a correre per tutto il presente secolo decimonono.

Numero d' oro.	Epatta.	Numero d'oro	Epatta.
1	0	10	IX
2	XI	11	XX
3	XXII	12	I
4	III	13	XII
5	XIV	14	XXIII
6	XXV	15	IV
7	VI	16	XV
8	XVII	17	XXVI
9	XXVIII	18	VII
		19	XVIII

501. Al corrente anno 1802, ch'è decimosettimo nel ciclo aureo, appartiene l' epatta XXVI. All'anno venturo spettano il numero 18, e l' epatta VII. Così procedendo, toccano al 1804 il numero aureo 19, e l' epatta XVIII. Ogni volta che termina il ciclo aureo si torna da capo; e però nel 1805 regneranno il numero d'oro 1, e l' epatta zero, la quale ne' calendari perpetui suole contrassegnarsi con asterisco *. Or si osservi il caso dell' ultima lunazione del ciclo,

alla qual si attribuiscono sempre giorni 29, come ho detto poc'anzi. Aggiungendo XI conforme il solito, l'epatta XVIII del 1804 porterebbe al 1805 l'epatta XXIX. Ma la tavola dà in vece l'epatta 0. Dunque la sottrazione questa volta è di 29.

502. Quando si tiene a memoria il numero d'oro, vi ha un computo facile per conoscer l'epatta. Si dimiuinuisca il numero aureo d'una unità, si moltiplichi poscia per 11, il prodotto si divida per 30, il residuo di tal divisione è l'epatta. Per esempio, il numero d'oro dell'anno corrente essendo 17, si moltiplichi 16 per 11, ed il prodotto 176 diviso per 30 darà il quoziente 5, ed il residuo 26. Il quoziente non giova qui; ma il residuo dinota l'epatta, che in fatti è XXVI. Quando il numero d'oro è 1 (non c'è bisogno di calcoli) già si sa che l'epatta è 0. Ecco la ragione, per cui nel computo togliesi 1 dal numero aureo. Come poi, a misura che questo s'aumenta di 1, l'epatta cresce di 11. Finalmente la divisione per 30 non è altro che sottrar 30 dalle epatte quante volte si può.

503. Vediamo ora come si faccia, col mezzo delle epatte, a trovare i giorni de' noviluni, secondo il computo ecclesiastico. Si comincia a dibatter da 30 il numero dell'epatta, quel che resta, accresciuto di 1, porge il dì del novilunio in gennaio. Il lettore ne scorgerà da sè la ragione agevolmente. Che se l'epatta fosse zero, o sia *, sappiamo già il novilunio esser nel primo dì (498). Scoperto il giorno del novilunio primiero dell'anno, si deducono le giornate dei susseguenti, aggiungendo una volta 29 ed una 30, e così successivamente; giacchè la durata delle lunazioni essendo di giorni 29 1/2 circa, fa d'uopo, per evitare i rotti, assegnare alle stesse or 29, ed or 30 dì alternatamente. Quando poi l'epatta è maggiore di XXIV, e così ancora quand'ella è o, allor si comincia ad aggiunger 30, poi 29 indi 30, ecc. Con tal cangiamento si guadagnano giorni 3 circa ogni ciclo; ed in oltre si viene a conseguire ciò

ch' ebbero in mira i padri del Concilio Niceno, di tener fermo quanto fosse possibile l'uso antico della Chiesa, che la lunazione pasquale sia di giorni 29; come in fatti succede sempre, salvo che ne' due casi soli, quando l' epatta è XXIV, o pur 25. Bisogna poi ricordarsi d' accrescere un giorno alla lunazion di febbraio negli anni bisestili; e con ciò si guadagnano per lo più altri 5 dì. Se ne perde uno, facendo di giorni 29, in cambio di 30, l'ultima lunazione del ciclo (499). Si acquistano dunque in totalità 7 giorni circa, che vengono a compensare il difetto dei 29 1/2 assegnati alle lunazioni (499). Questi sono in compendio gli artifizi del computo gregoriano.

504. Or si mettano in pratica le regole precedenti, indagando i giorni de' noviluni dell'anno 1800, poichè ad esso appartiene l' epatta IV, togliendo 4 da 30 riman 26, che accresciuto di 1, costituisce il novilunio di gennaio nel dì 27. L' epatta essendo minore di XXV, si dee cominciar dall'aggiungere 29. Unisco 4 a 27 per compire il gennaio: mi resta da aggiungere 25, che viene ad essere il giorno del novilunio in febbraio. Or debbo aggiungere 30. Pongo 3 per compire il febbraio: riman 27 per dinotare il dì del novilunio in marzo. Adesso conviene aggiungere 29. con che si ha il novilunio ai 25 d'aprile. Seguitando in tal guisa, si trovano i noviluni seguenti, ai 25 di maggio, ai 23 di giugno e di luglio, ai 21 d'agosto, ai 20 settembre, ai 19 ottobre, ai 18 novembre, ai 17 dicembre. Quest'ultima luna ha compito dunque il decimoquinto giorno di sua età nel dì primo gennaio del 1801, al qual anno spettò giustamente l'epatta XV (494).

505. Confrontando co' giorni del novilunio vero, indicato ne' mesi del nostro Almanacco, i giorni dell' ecclesiastico rinvenuti testè; si riconoscerà tardar questo per lo più due dì; il che nasce pei motivi già dichiarati (497). Vaglia ciò d' avvertimento a coloro che servonsi delle epatte per saper l' età della

luna a quel modo che insegneremo ben presto. Quando hanno in oggetto d'aver notizia se la luna fa chiara la notte, posson valersi d'una regola facile, che a questa occasione soggiungo. La luna nel *primo* quarto illumina le *prime* ore o sia la prima metà della notte: la luna piena, ossia *tutta* splendente, alluma *tutta* la notte; la luna nell'*ultimo* quarto, stenebra le *ultime* ore o sia la seconda metà della notte. Tra una fase e l'altra, si fa un computo di proporzione, per esempio, se la luna ha passato di 4 giorni circa il primo quarto, rende lume la prima metà della notte, ed inoltre la metà della seconda metà, cioè i tre quarti della notte.

506. La regola data poc'anzi per trovare i giorni de' noviluni gregoriani, può esser noiosa quando non si cerchino tutti, ma si brami saperne qualchuno così ad un tratto. Valendosi di quella pei tre primi mesi dell'anno, si può, quanto agli altri, usar la seguente, che di leggieri si tiene a memoria, ma che falla talvolta d'una giornata: aggiungasi all'epatta il numero de' mesi, principiando da aprile e venendo a quello di cui si rintraccia il novilunio: si tolga la somma da 30 (o pur da 60, se la somma eccedesse 30), il residuo dinoterà il dì richiesto.

Esempio. Si domanda il giorno del novilunio ecclesiastico nel giugno nell'anno 1800. Questo mese è il terzo cominciando dall'aprile; perciò aggiungo 3 all'epatta che è 4, ed ho 7 che sottraggo da 30; il residuo 23 è appunto il giorno che si rinvenne poc'anzi (504). In luglio si troverebbe 22, in vece di 23.

507. Quando si sa il giorno del novilunio ognun diffinisce l'età di quella luna a qualunque dì susseguente. Ma volendo conoscerla di botto, senza saper la giornata del novilunio, si ottiene l'intento, poco più, poco meno, sol che si aggiunga, ne' primi tre mesi, il giorno del mese con l'epatta; e negli altri, eziandio il numero de' mesi partendo da aprile. Esempio. Voglio sapere l'età della luna nel dì 17 giugno 1800. I mesi sono 3 contando da aprile;

l' epatta è 4. Fo dunque l' addizione del 17 col 3 e col 4, e la somma 24 è l' età della luna nel giorno proposto. Di fatto il novilunio ecclesiastico precedente sta nel 25 maggio (504). Il 31 è dunque il settimo della luna; per conseguente il dì 17 giugno sarà il ventiquattresimo.

508. Or conviene insegnar le regole per trovare il giorno di Pasqua in qual anno si voglia, questa essendo la solennità principale, e da cui dipende la sede di tutte le feste mobili. Il novilunio pasquale non può mai precedere il dì 8 marzo, poichè avanti il 21 non deve mai cadere il quartodecimo giorno della luna (496). La risurrezione si celebra la domenica susseguente a questo giorno. Dunque il più presto che possa arrivar la Pasqua è nel dì 22 marzo, e ciò succederà nell' anno 1818. Il più tardi poi è nel dì 25 aprile, quando cioè il novilunio di marzo cade nel dì 6. Allora l' epatta debb'essere XXV (503), ed il far della luna pasquale nel 5 aprile. Per conseguenza il 18 è il decimoquarto della luna. Caso che sia domenica, la Pasqua appartiene alla susseguente, cioè al 25 aprile, e questo non avverrà avanti l' anno 1886.

509. A trovare il giorno di Pasqua in qualunque anno, bisogna per tanto investigar primamente in qual dì cada il novilunio ecclesiastico fra l' 8 marzo e il 5 aprile inclusivamente; indi aggiunger 13 a questo dì, onde avere il decimoquarto della luna. La domenica dopo questo è quella di Risurrezione. Così nell' anno 1800, poichè tra i limiti detti or ora intervenne il novilunio pasquale nel dì 27 marzo (504), perciò aggiungendo 13, si va ai 9 aprile; il qual giorno essendo mercoledì, la domenica successiva occupa il dì 13 aprile, che è quel della Pasqua del 1800.

510. Determinato il giorno di Pasqua, si procede a stabilir quelli delle altre feste mobili, con le regole seguenti. La Settuagesima sta nove settimane prima; le Ceneri 46 dì. Le Rogazioni precedono l' Ascensione, la quale ha il suo luogo 40 giorni

dopo Pasqua. Aggiungendo ai 40 altri 10, giugne la Pentecoste, la cui ottava è la Trinità; nel giovedì susseguente il *Corpus Domini.* La prima domenica dell' Avvento è quella interposta fra il 26 novembre e il 4 dicembre, esclusivamente.

511. I digiuni delle quattro stagioni, o sia delle quattro Tempora, sono stati prescritti da Gregorio VII, nelle epoche seguenti: Prima settimana di quaresima; settimana della Pentecoste; dopo l'Esaltazion della Croce; terza settimana dell'Avvento.

512. Rimane da dire due parole del ciclo d'*Indizione*, e del periodo giuliano. Le indizioni si usavano come citazioni ai tribunali ne' tempi di Costantino e de' seguenti imperatori. Poscia servirono a formare un periodo di 15 anni, adottato dai papi e dai Veneziani, per giunta alle date. Credesi che abbia avuto principio nell' anno 312; dal quale ritrocedendo di 15 in 15 si può stabilire l' epoca sua come fosse incominciato 3 anni avanti G. C. Quindi a trovar l'indizione per un anno qual vogliasi, questo si accresca di tre unità, e così aumentatato si divida per 15; il resto della divisione è ciò che si cerca. Il presente anno, con l' addizione di 3, divien 1805; nel qual numero il 15 entra 120 volte, e rimane il residuo 5, ch' è appunto l' indizione del 1802.

513. Il *Periodo Giuliano* è una misura cronologica universale, di cui molti autori fanno uso, proposta da Giuseppe Scaligero nel secolo decimosesto. Non ben si sa per qual causa egli lo abbia denominato *giuliano:* basta che niun lo confonda coll' anno giuliano o coll' epoca degli anni giuliani, le quali cose son diffinite (461). Riputiamo conveniente farlo conoscere, siccome figlio dei tre cicli, solare, aureo e d' indizione, de' quali abbiam trattato finora. Moltiplicato insieme, 28, 19, 15, che sono i numeri d' essi cicli, il prodotto 7980 è il periodo giuliano. Egli adunque si stende per anni 7980, nel corso de' quali non è mai possibile che s' incontrino in-

sieme gli stessi numeri dei tre cicli più d' una volta. Compito un periodo, essi numeri tornano a correre nel medesimo ordine che tennero nell' antecedente, val a dire che 7980 anni fa sarebbero stati gli stessi che sono in quest'anno; e così dicasi in qualunque altro, senza che ciò avvenir possa più presto giammai. Indagando a qual anno corrisponda il numero 1, o sia il principio contemporaneo di tutti e tre, si perviene col favore de' computi matematici a stabilirlo nell' anno 4713 avanti la Nascita di G. C. Egli è indifferente che allora il mondo esistesse o no: la verità del calcolo regge ugualmente. Chi voglia per tanto sapere qual anno del periodo giuliano sia qualunque anno dell'Era nostra, a quest' ultimo aggiunga 4713, ed avrà quel che cerca. Il corrente, per conseguenza, è l' anno 6545 del periodo giuliano. Dividendo l' anno di questo periodo per 28, per 19, per 15, i residui delle tre divisioni sono i numeri rispettivi d' ogni ciclo in quell' anno. E però 6545 diviso per 28, lascia il residuo 19, che è il numero attuale del ciclo solare: 6545 diviso per 19, dà il resto 17; ch' è il numero d' oro di quest'anno; finalmente 6545 diviso per 15, porge il residuo 5, ch' è appunto l' indizione che corre. Ecco pertanto una nuova regola per trovare, in qualunque tempo dell' Era Cristiana, i numeri dei tre cicli.

CAPITOLO XXII.

Della Misura del Tempo.

514. Due sorta di tempo usano gli astronomi; il vero ed il medio. *Tempo vero* si dice quello ch' è misurato dal moto diurno apparente del sole; e su questo si regola la civil società. *Tempo medio*, è poi quello che sarebbe misurato da un orologio infallibile; e questo è proprio degli astronomi, i quali non adoperano il vero altro che sussidiariamente.

515. Queste diffinizioni assai danno ad intendere

che il tempo vero non è uniforme; poichè se discorda dal medio, discorda dall' orologio infallibile (donde sembra più sano per avventura il consiglio di coloro che in vece di vero lo intitolano *apparente*). Di fatto il tempo che passa dal mezzodì d'oggi a quello di domani non è quasi mai eguale al trascorso dal mezzogiorno di ieri a quel d'oggi, e ne vedrem la ragione ben presto.

516. Allora è mezzodì, quando il centro del sole è nel piano del meridiano. S' immagini il lettore un muro, che venga via dritto dritto dal polo, passi sui piedi a chi legge, prosegua e traversi la linea equinoziale, e tiri avanti persino all' altro polo, cioè all' antartico. La superficie di questo muro figura il piano d' un meridiano, il qual appartiene del pari a ciascuno degl' infiniti punti della terra, toccati dalla detta superficie. Ad ogni altro punto, che sia a levante o vero a ponente di essa, spetta un meridiano diverso. Le costole de' poponi sono un' immagine che a me par molto acconcia a soccorrere la fantasia per concepire una giusta idea delle disposizioni de' meridiani. Figuriamoci quelle costole sottilissime, e tante quante capir ne può, cioè grandemente vicine una all' altra; moltiplichiamo in proporzione i muri mentali sopra la superficie terrestre; nulla costa al pensiero innalzarli tanto quant' è lontano il sole; quel muro, che va a ferire il centro di lui, segna sul suolo tutti i punti terrestri, che hanno in quell' istante il mezzodì.

517. La terra rotando intorno a sè stessa (C. XIV) conduce que' muri uno dopo l' altro ad investire il centro del sole, ch' è immobile (330), ed ecco non poter esser contemporaneo il momento del mezzodì nei paesi traversati da meridiani diversi. Quand' è il mezzodì a Padova, per esempio, mancano ancora 10 minuti e tre quarti ad essere il mezzodì a Milano, poichè questa è situata a ponente di quella terra per un tratto bastevole a quel ritardo. Le diverse contrade d' una città, poste ad oriente o vero

ad occidente l' una dell' altra, non hanno, rigorosamente parlando, il mezzodì nell' attimo stesso; ma perchè il divario è tenue, non monta alle bisogne civili tenerne conto; per altro gli astronomi non trascurano le più piccole differenze. La specola, esempigrazia, che ho eretto vent' anni fa nella mia abitazione in Parigi, ha il mezzodì una quinta parte di minuto secondo dopo il pubblico osservatorio. La differenza va a sette e mezzo secondi con la specola di *Lalande*.

518. L' intervallo da un mezzodì al susseguente si scompartisce in ore 24 nell' uso della società, e costituisce la durata d' un *giorno vero*. Tentiamo di ben conoscerlo, applicando il discorso ad un meridiano dato; a quello che passa, a cagion d'esempio, per la punta del campanile del Duomo di Milano. A fare che quel meridiano abbandoni il centro del sole, poi torni a colpirlo, sembra chiarissimo dover la terra eseguire una rotazione intera. Pur questa non è sufficiente, a cagion che il nostro globo non è oggi ne' cieli in quel posto nel quale era ieri. Abbiamo veduto (314), ch' esso travalica giornalmente da circa un miglione quattrocentomila miglia. Quindi ogni abitator suo mira oggi il sole verso una parte del cielo, notabilmente diversa da quella dove il vedeva ieri. A quella guisa, che se nel mezzo alla volgarmente detta platea d' un teatro stia fermo un uomo, il guardarlo noi da un palchetto o dall' altro del pian terreno, fa che il vediam dirimpetto a due palchetti differenti.

519. Considerando per ora uguale ogni giorno quel viaggio con cui la terra fa un giro compiuto in un anno d' intorno al sole, il cangiamento diurno del nostro posto vale una trecensessantesima quinta parte del cangiamento annuo. Con questo ragguaglio bisognerà che la terra faccia una rotazione, ed in oltre il trecensessantesimo di questa, per ricondurre quel meridiano a batter nel centro del sole. E dico *inoltre*, cioè di più e non di meno; conciossiachè

la rotazione si fa da ponente verso levante, essendo chiaro ch' ogni porzione terrestre si volge verso quella banda dalla quale scorgiamo gli astri spuntare successivamente; all' opposito, il moto annuo succede per direzione, comecchè obliqua, ma pur contraria; poichè apparendoci il sole accostarsi continuamente alle stelle, che sono a sinistra (344), o vero a levante di lui, vien di legittima conseguenza che il nostro globo cammina verso occidente.

520. Assegnando ore 24 alla rotazione terrestre, le quali equivagliono ad 86400 minuti secondi, si divida questo numero per quello de' giorni dell' annua rivoluzione, cioè (455) per 365, e 242 millesimi, e si raccoglierà che la rotazione compita dee continuare per 236 1/2 secondi affinchè il meridiano milanese si volga verso levante quant' è mestieri per compensare il trasporto suo verso ponente, operato dalla rivoluzione. Se non che in questo computo siam partiti dalla supposizione che il moto annuo della terra si faccia per ugual tratto ogni dì. Or questa ipotesi differisce notabilmente dalla verità del fatto, poichè vedemmo (402) che dall' inverno all' estate il divario monta persino a 48 mila miglia. Adunque la rotazione dovrà continuare, talvolta più, talvolta meno dei 236 1/2 secondi, che sono la quantità mezzana, secondo che sarà stata maggiore o minore la traslazione del meridiano, assunta pur anche in considerazione la tendenza di questo moto.

521. Se con l' animo si partisce in quattro quarti l' arco dell' orizzonte, compreso dai punti cardinali di ponente e di mezzogiorno, si potrà intender la direzione dell' annuo nostro cammino. Si allontana essa dal vero occidente un di que' quarti all' incirca, talchè il piano del meridiano si move rotando verso il preciso oriente, in tanto che la terra si trasferisce alla volta di ponente libeccio, altrimente anche detto ponente garbino, ed in ciò consiste l' obliquità che abbiam sopra toccata. L' andamento verso l' ultima plaga fa sì che ogni meridiano muta continuamente

il suo aspetto in riguardo al sole, e quest' è un' altra causa modificante i 256 1/2 secondi d' aggiunta alle ore 24 della rotazione.

522. Il minimo intervallo da un mezzodì al susseguente consiste in ore 24, minuti 3, secondi 35 1/2; ed osservasi dagli astronomi alla metà di settembre. Il massimo abbraccia ore 24, min. 4, secondi 26 1/2; ed ha la sua sede tra li 21 e li 23 dicembre. Questo si scosta più dell' altro dal meflio, ore 24, m. 3, secondi 56 1/2, trovato sopra; stante che nei 236 1/2 secondi ha pur parte l' obliquità dichiarata poc' anzi. Quattro volte si effettua l' intervallo medio, cioè circa li 10 febbraio, li 15 maggio, li 26 luglio e li 2 novembre.

523. Egli è dunque impossibile che i nostri orologi, se sono buoni, vadano bene giammai, regolandoli come facciamo, cioè pretendendo che il tempo tra due meriggi consecutivi sia d' ore 24 giuste. Se il vero eccesso da queste fosse uguale ogni dì; se consistesse, a cagion d' esempio, costantemente nella quantità media, minuti 3, secondi 56 1/2, niun errore ne seguirebbe, potendo noi far tardare i nostri oriuoli di tanto che in vece di compiere, da un mezzodì all' altro, ore 24, min. 3, secondi 56 1/2, fornissero solamente ore 24. Ma il danno proviene dall' ineguaglianza effettiva e reale degl' intervalli.

524. Sono state bensì inventate, da più che un secolo fa, macchine accomodate a tener dietro a quelle disuguaglianze, e si appellano orologi *ad equazione*, siccome quelli che adeguano il tempo vero ineguale. Ma se difficilissimo è l' adattare cotal meccanismo agli oriuoli da tasca, non è tampoco agevole la riuscita perfetta in quelli da muro.

525. Parlando pertanto delle macchine di generale servigio, l' espediente migliore consiste nel regolarle sopra una misura costante del tempo; ed aver alle mani una tavola che indichi giornalmente quanto debbano allontanarsi dall'ora del sole per andar bene. A questo partito si sono appigliati pur anche gli

astronomi, i quali non possono far cosa che vaglia senz' una misura infallibile del tempo. Sì fatta misura si può pigliar dalle stelle con ogni fiducia, poichè abbiam veduto (372) che l'immensa loro distanza da noi rende nulle quelle apparenze, per le quali osserviamo nel sole per effetto del moto terrestre. Noi attribuiamo a lui il cammino che fa il nostro globo, perchè mutando noi sito, veggiamo quell'astro rispondere a punti diversi del cielo (318). Non possiamo attribuire alle stelle il viaggio nostro, perch' esse ci appaiono sempre ferme, qualmente ci apparirebbero se la terra non avesse alcun moto.

326. Poichè dunque il moto annuo della terra non altera punto ai nostr' occhi la situazion della stella, dovrà costei ritornare nel piano d'un dato meridiano, a capo d'una rotazione terrestre nè più nè meno. Se pertanto assumiamo la divisione del giorno solaro mezzano in ore 24, cioè di quel giorno che abbraccia ore 24, minuti 3, secondi 56, centesimi 55, allorquando si assegnano ore 24 alla rotazione, in tal caso a trovare il tempo di questa, relativo alle ore 24 solari, s' instituisce la proporzione seguente: 24 ore 3′, 56″, 55 stanno a 24 ore della rotazione, come 24 ore solari da un mezzodì al susseguente stanno ad un quarto termine, il qual, computando questa regola del tre, si trova essere 23 ore 56′ 4″, 1. Quest' è il *tempo solare medio*, nel qual si compie una rotazion della terra, e negli estremi del quale il piano d'un meridiano abbandona una stella, indi torna a colpirla.

327. Qualche astronomo regola i suoi pendoli sulle stelle, facendoli avanzare in guisa che mostrino il corso d'ore 24 nel tempo delle suddette 23 ore 56′ 4″, 1. Sì fatti orologi segnano sempre ore 12 al momento del transito d'una medesima stella pel medesimo meridiano. Avanzano per conseguenza 3′ 56″ ogni dì dagli altri orologi: a capo di 15 giorni avanzano un'ora manco un minuto; a capo di 30, due ore manco due minuti; a capo di un anno avanzano ore 24,

e quindi lo aggrandiscono d' un dì. In questo metodo ci è il vantaggio che ad ogni ora passa pel meridiano una ventiquattresima parte precisamente della sfera stellata; e le ore 24 di questa specie si dicono il *tempo del primo mobile* (284); quindi l' astronomo sa facilmente l' istante in cui deve passare quella o quell' altra stella, e si prepara per osservarla.

528. A raffigurare la detta ventiquattresima parte, concepiamo la terra divisa in ventiquattro porzioni, simiglianti alle costole d' un popone, ma regolari ed uguali perfettamente una all' altra: i due meridiani, terminatori d' una porzione piglieranno il luogo un dell' altro nel termine d' un' ora; cioè quello a ponente andrà nel sito in cui era quello a levante; ed immaginando noi elevati sino alle stelle i piani di que' meridiani, tutto il cielo compreso fra essi parrà traversare il primo nello spazio d' un' ora. E dico *parrà,* posciachè nè cielo nè stelle si movono, ma tutto consiste nel rotar della terra.

529. Supponiamola cinta nel suo bel mezzo da un filo, che sempre osservi la distanza medesima da entrambi i poli, occupando così la cinconferenza dell' equatore, forse meglio conosciuta col nome di linea equinoziale; e supponiamo il filo spartito con nodi in 360 porzioni uguali. Ognuna di queste porzioni sarà un grado della circonferenza terrestre, e sarà lunga 60 miglia (85).

530. Quest' è la maggior distanza nella superficie terraquea, fra i piani de' meridiani passati per due nodi consecutivi. Ma perchè i meridiani tragittano tutti e s' intersecano in ambi i poli; siccome ne danno un' immagine, appresso a poco, le costole de' poponi, le quali riunisconsi tutte in quel sito ove il frutto distaccasi dalla pianta, e nel sito opposto, perciò i piani di due meridiani si appressano insieme vie più, quanto son più vicini al polo i paesi o punti terrestri pe' quali trapassano. Bensì è da notare che la distanza di miglia 60, nell' equatore

fra i due meridiani anzidetti, non diventa già di 30 miglia, a mezzo cammino dall' equatore al polo, ma solamente ai due terzi; imperocchè la diminuzione succederebbe nella prima proporzione (che appellasi *geometria*), se la superficie terraquea, intercetta da due meridiani, fosse piana e terminata da linee rette; ma per essere sferica, e terminata da cerchj, lo scemamento accade secondo una proporzione trigonometrica.

531. Lo spazio terrestre, compreso fra due meridiani, viene ad aver la figura dell' interna superficie d' un fuso segato per mezzo al di lungo, distesa od incollata sopra un globo. Tal superficie, nel sito della maggior sua larghezza, è tagliata dall' equatore; e poichè 15 gradi fanno il ventiquattresimo della circonferenza, perciò dentro un' ora di tempo piglieranno il luogo un dell' altro due meridiani, terminatori d' un fuso di superficie terrestre, il ventre del quale contenga un arco equatoriale di 15 gradi: così quest' arco sarà d' un grado nella quintadecima parte d' un' ora, cioè nel tempo di 4 minuti. Chiamo *base* del fuso ogni arco di simil fatta, e trasportando al cielo quel che succede in terra, dico qualmente ogni astronomo scorge trapassare pel suo meridiano, ogni quattro minuti dell' orologio regolato sulle stelle, tanta regione di fuso celeste quanta corrisponde alla base d' un grado; per conseguenza mezzo grado celeste ad ogni due minuti; un quarto, o sia 15 minuti di grado in ciascun minuto di tempo, e così discorrendo. Adunque moltiplicando per 15 il tempo espreso in minuti, si ottien la misura, in minuti di grado, della base del fuso celeste o terrestre abbracciato da due meridiani, che dentro quel tempo pigliano il luogo un dell' altro in virtù della rotazione. Se il tempo fosse espresso in secondi, moltiplicandolo per 15, il prodotto darebbe l' accennata misura in secondi di grado.

532. Quando però ho detto sopra, che la distanza in tempo tra la specola di Lalande e la mia in Pa-

rigi è di secondi 7 1/2, ciò significa, la distanza tra i meridiani di esse valer 15 volte 7 1/2 o vero 112 1/2 secondi di grado della circonferenza terrestre. Ora un minuto di grado stendendosi un miglio nella linea equinoziale (529), un secondo di grado si stenderà la sessantesima parte d' un miglio, la qual torna (85) in piedi del re 95 poco più. Quindi i 112 1/2 secondi di grado abbracciano giustamente 10695 piedi nella circonferenza dell' equatore. Ma nella posizion di Parigi, ch' è lontana da quello per gradi 48, minuti 50 (la qual lontananza così espressa dicesi *latitudine*), la differenza di 112 1/2 secondi di grado importa solo 7040 piedi, a cagion dell'appressamento de' meridiani, (530).

533. Per tanto i gradi di latitudine val a dir quelli de' meridiani, andanti cioè da mezzogiorno a tramontana e viceversa, son tutti di lunghezza eguale; negligendo qui la piccola differenza che viene dallo schiacciamento (86). Non così va la bisogna nei gradi di *longitudine*, o sia da levante a ponente, e viceversa ; i quali son vie più corti quanto più son vicini al polo, altro non essendo essi che le distanze tra due meridiani. Tutti i punti terrestri, che hanno una stessa latitudine o, vogliam dire, che sono ad una stessa distanza dall'equatore, si dicono essere sul medesimo *paralello ;* giacchè se per essi passi un filo, è cosa manifesta costituir questo una circonferenza paralella, che significa equidistante a quella della linea equinoziale. Ma tutte le circonferenze, grandi o piccole, si spartiscono in 360 gradi. Adunque il grado del paralello scema via via di lunghezza quant' è più vicino al polo. Nella latitudine de' gradi 45, che intorno intorno si è quella della Lombardia e di queste regioni, un grado di paralello si stende miglia 42 1/2 in cambio di 60, che costituiscono un grado di meridiano in qualunque parte del globo.

534. Tornando al regolamento degli orologi, che fa il principale scopo del presente Capitolo, quasi

tutti gli astronomi li governano in guisa che facciano ore 24 giuste in un giorno solare mezzano (526). Queste ore son più lunghe di quelle del primo mobile, il quale compie la sua circolazione apparente in ore della medesima specie 23, minuti 56, secondi 4, decimi 1. Adunque in un'ora di queste passeranno per qualsisia meridiano più di 15 gradi della sfera stellata (531), ed il di più consisterà nella trecensessantesima quinta parte di 15 gradi (519), la qual viene ad essere 2, 27″, 8 (437). Quindi nel corso d' un giorno solare medio passano da qualunque meridiano 360 gradi, 59 minuti, 8 1/2 secondi di cielo (455).

535. Come poi il giorno *vero* talora è più lungo, talora più corto del medio (522), così gli astronomi computarono la differenza che ci debb'essere, dall' uno all' altro, ogni dì nel momento del meriggio. Quindi osservano il transito del centro del sole pel meridiano, e se in quell'istante il loro pendolo s'allontana dalle ore 12 quanto vale la differenza come sopra calcolata, conchiudono andar esso egregiamente. Non altrimente dovrebbe procedere ogni persona che voglia guidare i suoi orologi con moto uniforme e giusto. Per di lei norma daremo or ora una tavola indicante la suddetta differenza, espressa in minuti solamente, essendo inutile pei comuni oriuoli specificare i secondi e i decimi di secondo, fino alla qual precisione debbono andare, e realmente vanno, i migliori pendoli astronomici. Bisogna bensì por mente che il cangiamento d'un minuto non mai avviene tutto in un dì, ma a forza d'accumularsi i minuti secondi dei giorni antecedenti; per la qual cosa fia sano consiglio, che niuno tocchi l'indice de' minuti nel proprio oriuolo se non quando il divario sia maggior d' un minuto.

536. La differenza dal mezzodì vero al medio si nomina *equazione del tempo:* ecco la ragione del titolo della tavola che susseguita. Il simbolo + significa i numeri esser minuti *da aggiungere* alle ore

12, per aver l' ora che debbe fare al momento del mezzodì un orologio il qual vada bene: il simbolo — dinunzia minuti *di meno* delle ore 12. Si sottintende regnare uno stesso simbolo, sin tanto che l' altro non sopraggiunga.

Tavola dell' Equazione del Tempo.

Giorni.	Genn.	Febb.	Marzo	Aprile	Mag.	Giug.
1	+ 4	+ 14	+ 13	+ 4	— 3	— 3
2	5	14	12	4	3	2
3	5	14	12	3	3	2
4	6	14	12	3	4	2
5	6	15	12	3	4	2
6	7	15	11	2	4	2
7	7	15	11	2	4	1
8	7	15	11	2	4	1
9	8	15	11	1	4	1
10	8	15	10	1	4	1
11	9	15	10	1	4	1
12	9	15	10	1	4	1
13	9	15	10	0	4	0
14	10	15	9	0	4	0
15	10	15	9	0	4	0
16	10	14	9	0	4	0
17	11	14	8	— 1	4	0
18	11	14	8	1	4	+ 1
19	11	14	8	1	4	1
20	12	14	8	1	4	1
21	12	14	7	1	4	1
22	12	14	7	2	4	1
23	12	14	7	2	4	2
24	13	14	6	2	4	2
25	13	13	6	2	3	2
26	13	13	6	2	3	3
27	13	13	5	3	3	3
28	14	13	5	3	3	3
29	14		5	3	3	3
30	14		4	3	3	3
31	14		4		3	

Tavola dell' Equazione del Tempo.

Giorni.	Luglio	Agosto	Sett.	Ottobre	Nov.	Dic.
1	+ 3	+ 6	0	— 10	— 16	— 10
2	4	6	— 1	11	16	10
3	4	6	1	11	16	10
4	4	6	1	11	16	9
5	4	6	2	12	16	9
6	4	5	2	12	16	8
7	4	5	2	12	16	8
8	5	5	3	13	16	8
9	5	5	3	13	16	7
10	5	5	3	13	16	7
11	5	5	4	13	16	6
12	5	5	4	14	16	6
13	5	4	4	14	15	5
14	5	4	5	14	15	5
15	5	4	5	14	15	4
16	6	4	5	14	15	4
17	6	4	6	15	15	3
18	6	3	6	15	14	3
19	6	3	6	15	14	2
20	6	3	7	15	14	2
21	6	3	7	15	14	1
22	6	3	7	15	13	1
23	6	2	8	16	13	0
24	6	2	8	16	13	0
25	6	2	8	16	13	+ 1
26	6	1	9	16	12	1
27	6	1	9	16	12	2
28	6	1	9	16	12	2
29	6	1	10	16	11	3
30	6	0	10	16	11	3
31	6	0		16		4

537. Adunque un orologio ben regolato deve segnare, nell' istante del mezzodì, ore 12, min. 4 il dì 1 gennajo; ore 12, min. 15 dai 5 ai 15 di febbrajo; ore 11, min 57 il dì 1 maggio; ore 11, min. 44 dai 23 ottobre ai 12 novembre; e così discorrendo. Acciocchè poi ben s' intenda il progresso de' minuti, soggiungerò: l' equazione del tempo il dì 4 febbrajo, a cagion d' esempio, esser minuti 14, secondi 26; la Tavola dice minuti 14, perchè i secondi non passano i 30, cioè il mezzo minuto: l' equazion del dì 5 ella è poi min. 14, secondi 30, decimi 5; e la Tavola dice minuti 15; per esservi un mezzo secondo oltre i 30. Con tal regola sono scritti tutti gli altri numeri. Per il che quando cangiano d' una unità, come dal 4 al 5 ne' due primi giorni dell' anno, si deve intender che nel dì 1 l' equazione non supera i min. 4 1/2, e che nel dì 2 li supera; e così sempre. Il maggior cangiamento diurno dell' equazione è di 30 secondi, e succede tra il 19 e il 26 dicembre. Per conoscerlo, appresso a poco, in qualunque tempo, ripartite 60 secondi su i giorni in cui l' equazione persevera invariata. Verbigrazia, per 4 giorni, dai 20 ai 23 gennajo, l' equazione rimane ferma nei 12 minuti: dividendo 60 per 4, il quoziente 15 secondi è appunto la variazione giornaliera prossimamente di quel tempo.

538. Due cose ciascun noterà di leggeri nella Tavola. Primieramente; che il mezzodì vero concorda coll' orologio infallibile quattro sole volte in un anno, cioè d' intorno a mezzo aprile e a mezzo giugno, in fin d' agosto e nei 23 o 24 dicembre. In secondo luogo; che il massimo ritardo del sole a giungere al meridiano è di 15 minuti, ed avviene tra il 5 e il 15 febbrajo; la maggior anticipazione va a 6 minuti, e si effettua dal 16 al 23 ottobre.

539. Due altre nozioni più astruse non tacerò, di cui niun indizio può trarsi dalla Tavola, e sono: 1 che quella degli astronomi, espressa coi secondi e decimi di secondo, varia ogni anno di qualche se-

condo, a cagione che 365 giorni non bastano a compir l'anno, siccome s'è visto (451); ma come la variazion relativa è la minima nelle annate ugualmente distanti da due bisestili, perciò da una d'esse annate abbiam noi cavato la nostra Tavola; 2. che quella degli astronomi va soggetta ad altre periodiche, bensì piccolissime alterazioni, a motivo della continua mutazione di luogo, che soffre negli spazi celesti il piano dell'orbita terrestre per le attrazioni de' pianeti, i quali tirano ad ogni momento la terra fuori della sua strada: il maggior divario che possa nascerne in certi punti, nell' equazione del tempo, monta a secondi 14, nel giro di 100 anni.

540. Nell' Inghilterra diversi orologi pubblici sono guidati sul tempo medio: così oggimai si dovrebbe fare in ogni paese ben veggente, e descrivere meridiane atte a mostrare il momento delle ore dodici secondo il tempo solare medio. Allora ci sarebbe sempre l'intervallo di 24 ore giustissime tra un mezzodì e il susseguente; nè si correggerebbero più gli oriuoli che vanno bene, per farli andar male, siccome si pratica adesso. Allora le ore d'un mese non sarebber più lunghe o più corte di quella d'un altro, come succede attualmente, ma sarebbero tutte uguali; ciò che costituisce l'essenza della misura del tempo. Questa fu presa generalmente dal sole, piuttosto che dalle stelle, a cagion d'esser egli l'astro più splendido e dignitoso; ma conosciute sì bene come or lo sono, le ineguaglianze del moto apparente di lui, diviene atto di cieca abitudine l'attenersi alla guida fallace. Gli astronomi intanto per adattarsi al comodo universale, si vagliono del tempo vero nel riferire le osservazioni fatte, o nel presagire i fenomeni futuri. Ma le tavole astronomiche, dinotanti il moto del sole (cioè della terra) e de' pianeti, sono tutte composte sul tempo medio; nè potrebbe farsi altrimente, poichè dovendo servire per qualsivoglia epoca, passata o ventura, convien che il telaio sia costrutto con anni eguali, giorni uguali, ecc.

Applicando l'equazione del tempo, si converte ben presto, al bisogno, il vero nel medio, o viceversa.

541. Dichiarate le specie del tempo, è mestieri adesso parlar delle varie macchine, le quali servirono e servono a misurarlo. Prime furono gli oriuoli ad acqua ed a sole. Quelli, anche detti clessidre, sono testificati da tradizioni antichissime nell'Egitto e nella China; non si dubita che i Caldei gli avessero in uso; gl'Indiani li mantengono ancora; credesi che tutt'Asia gli abbia conosciuti: Platone gl'introdusse in Grecia, Cesare li trovò nell'Inghilterra. Molte furon le guise, tenutesi a misurare gl'intervalli di tempo, ne' quali una data quantità d'acqua usciva del fondo d'un recipiente per via d'un piccolissimo pertugio; o vero gl'intervalli di tempo, ne' quali il vaso vôto e galleggiante sull'acqua, tanta ne riceveva pel detto foro, da finalmente sommergersi. Contavano, per esempio, quanti votamenti o quante sommersioni accadevano da un mezzodì al susseguente; o pure dal nascere al tramontare del sole; e in vece di dire, tante ore, dicevano, tanti attuffamenti o tante votagioni.

542. Riserbando agli orologi solari tutto il vegnente capitolo, passo a dire, come del primo orologio, composto di ruote e pesi, senza acqua, fu autore l'arcidiacono Pacifico, nel nono secolo. A lui si attribuisce eziandio l'invenzion dello scappamento, ordigno ingegnoso che frena l'azione del primo motore, e rende equabile il movimento delle ruote. Solamente verso la fine del secolo decimoquinto cadde nell'animo a Valtero di cimentare gli orologi a ruote nelle osservazioni astronomiche. Passò più d'un secolo ancora prima che il Galileo s'accorgesse dell'egual durazion delle oscillazioni d'un corpo, appeso all'estremità d'una verga o d'un filo (52). Ei se ne valse soltanto a misurare intervalli brevi di tempo; ma pochi anni dopo la morte di lui fece Ugenio il gran passo, adattando quel pendolo agli orologi. L'esperienza insegnò ben presto qual doveva

essere appresso a poco (54) la lunghezza del pendolo, perchè l'oscillazione si compiesse puntualmente nel tempo d'un minuto secondo. Bisognava poi mantener sempre uguali le vibrazioni: a ciò valsero i pesi, concertati in guisa, che restituiscano ad ogni istante quella piccolissima parte che il pendolo perde dell' impeto suo per cagione della resistenza dell'aria.

543. Mi rimanevano ancora le ineguaglianze cui partoriscono gli allungamenti prodotti dal caldo, e gli scorciamenti operati dal freddo, nella verga del pendolo; ineguaglianze ascendenti a 20 secondi di svario giornaliero, dall'inverno alla state. L'ingegno umano trovò compenso anche a questa ingiuria delle stagioni. Harrison nel 1726 congegnò sì fattamente nove verghe, in luogo d'una: 5 di ferro, 4 d'ottone; il qual si dilata e condensa assai più di quello che alle ferree fosse lecito slungarsi o scorciarsi soltanto nell'estremità inferiore, all'altre, d'oricalco, nella superior solamente: effetto da parte contraria contemperato in guisa, che il peso o sia la lente, attaccati in fondo alla verga di mezzo, rimangonsi fermi mai sempre alla stessa distanza dal punto di sospension del telaio delle verghe. Con sì fatta costruzione sono pervenuti gli astronomi a possedere orologi che non fallano d'un secondo in due mesi, o di 3 in un anno. Sono state introdotte dappoi, e introduconsi tuttodì, varietà, sì nel numero, come nelle materie delle verghe: a noi basta aver dato un'idea della forma più usitata. Cotali *orologi a pendolo* usurpano per lo più il nome abbreviato, comechè meno esatto, di *pendoli* semplicemente. Del resto gli artefici inglesi han tentato, nè senza frutto, d'intromettere una compensazione anche negli oriuoli da tasca. Qualcun ne riuscì sì perfetto, da non variar d'un secondo in un viaggio di cento leghe, regolati per altro sul tempo medio, laonde non son già di quelli accennati (524).

544. Finora abbiam ragionato del tempo misurato alla maniera generalmente adottata dalle nazioni eu-

ropee, cioè principiando la numerazione delle ore al mezzodì ed alla mezzanotte. Con questo metodo s'è veduto (538) che la massima discordanza de' buoni orologi dall'ora del solé va a 16 minuti. D'altro canto essa monta ad ore tre e mezzo per lo meno, quando il cominciamento della giornata si pigli dal tramontar del sole o mezz'ora dopo, come si usò per gran tempo in tutta l'Italia. Imperciocchè nei solstizi (441) accadendo per qualche giorno l'occaso del gran luminare quasi che nel medesimo sito dell'orizzonte, ne viene che allora l'intervallo fra due tramonti successivi è costante ed uguale. Ma come in queste contrade il giorno naturale (432) nel solstizio estivo è più lungo quasi del doppio che nel solstizio invernale, cotanta disparità interviene, perchè nel primo semestre dell'anno il sole ritarda ogni dì a colcarsi, ed anticipa nel secondo. Di che può ciascuno capacitarsi, osservando che al mezzodì l'astro anzidetto si trova molto più alto nella state che nell'inverno. Cotal differenza d'altezza non nasce, come ognun vede, tutt'ad tratto, ma un poco alla volta, un tantino ogni dì. Or quand'è più alto, dee mettere maggior tempo a discendere dal meridiano all'orizzonte. Ne' primi sei mesi dell'anno il vediamo sempre arrivare nel meridiano, oggi a maggior altezza d'ieri; dunque oggi spenderà più tempo d'ieri per giugnere al tramonto. Il contrario succede negli ultimi sei mesi. E certo non mai possono le giornate d'inverno allungarsi, se il sole non tramonti domani più tardi che oggi; nè quelle d'estate accorciarsi, s'ei non si colchi domani più presto d'oggi. Vaglia questo ragionamento a disingannar coloro, i quali si persuadono che lo spazio da un occaso al seguente sia sempre uguale, perchè avviene ogni dì all'ora stessa delle 23 1/2. Ma questo nome o sia numero d'oro fu imposto dall'arbitrio degli uomini, ai quali è piaciuto, più grossamente che no, adottar come stabile fisso quel ch'è grandemente variabile nella natura delle cose. È invero arbitraria altresì il

numero e il nome costante delle ore 12 al momento del mezzodì; ma le variazioni naturali al meridiano sono d'assai minori di quelle all'orizzonte; quant'è il divario dai 16 minuti al più, ad ore 3 e mezzo per lo meno.

545. Dopo il ragionamento venghiamo al fatto. Ognuno può veder nelle Tavole dei mesi nel nostro Almanacco, siccome il sole, in queste regioni, tramonta nel solstizio d'inverno ad ore 4, min. 19; così perseverando per dieci giorni dal 16 al 25 dicembre. Ne' primi mesi dell'anno l'occaso succede continuamente più tardi, tanto che al 14 giugno interviene ad ore 7, min. 48. Adunque dal 26 dicembre infino al 14 del seguente giugno, cioè nel corso di giorni 173, monta il ritardo totale ad ore 3, min. 29, o vero a min. 209. Dividendo 209 per 173, emerge il ritardamento giornaliero, che un dì con l'altro ragguagliatamente consiste in min. 1 1/5. Ma dai 27 giugno a' 16 dicembre regna lo stesso computo, per l'anticipazione diurna del tramonto. Quindi è manifesto che l'intervallo fra due cadute consecutive del sole, nel primo caso, comprende ore 24, min. 1 1/5; e nel secondo ore 23, min. 58 4/5. Per la qual cosa un orologio, regolato nel tramontar del sole nel solstizio d'inverno, deve restar indietro min. 1 1/5 ogni dì, e trovarsi finalmente in ritardo, nulla men che tre ore e mezzo alla metà di giugno; o, se sia regolato nel solstizio di state, deve andar avanzando min 1 1/5 ogni giorno, fino ad anticipar di tre ore e mezzo alla metà di dicembre. Che se l'andamento dell'orologio si regolasse fuor de' solstizi, ben sarebbono ancor più enormi gli svariamenti; mentre, facendolo, per esempio, accelerare in guisa che l'indice corra 24 ore nel tempo d'ore 23. min. 58 1/2 ch'è l'intervallo fra due successivi occasi dopo la metà di settembre, l'oriuolo avanzerà poi min. 2 2/3 circa ogni dì, ragguagliatamente, dal solstizio d'inverno a quello di state, giacchè in questo frattempo ho mostrato sopra che il giorno artifi-

ziale, misurato sul tramonto, si stende ore 24, min. 1/5; per conseguente a mezzo giugno l'orologio andrà avanti d'intorno ott'ore.

546. Si noti per tanto che col sistema europeo si può far a meno di guidare l'oriuolo con la mano, poichè del divario di qualche minuto, o d'un quarto d'ora al più, non suol farsi gran conto nelle bisogne civili; laddove col sistema italiano è giocoforza dar delle dita sovente negli indici; ed inoltre *toccare il tempo*, come suol dirsi, onde allentare il moto nei primi sei mesi dell'anno, ed affrettarlo negli ultimi.

547. Altra imperfezione dell'orologio italiano era quella d'incominciar la giornata da un punto, che in altra cosa mai non si adoperava per limite fra un dì e l'altro. Di fatto, secondo il comun parlare, il principio della giornata affiggevasi al nascer del sole; poichè qualunque ora si nominasse della notte precedente, guardavasi come spettante al giorno anteriore; verbigrazia, dicendo o scrivendo, tal avvenimento esser nato il 7 gennajo all'ore 10, intendevansi le ore 10 della notte seguente il dì 7. Secondo poi le regole ecclesiastiche e le pratiche legali, i digiuni e l'età degli uomini computavansi anche in Italia dalla mezzanotte, siccome appresso ogni colta nazione. Finalmente, secondo gli oriuoli italiani, la giornata esordiva mezz'ora dopo colcato il sole. Adunque il giorno italiano pigliava principio in tre istanti molto remoti un dall'altro; e gl'Italiani senza riflettervi stavano in contraddizione perpetua con sè medesimi.

548. Ultimamente il difetto morale dell'orologio italiano era forse il più pernicioso; poichè, adducendo continua varietà nell'ore del desinare, della cena, del levarsi, del coricarsi, dell'aprire gli uffizi pubblici, e del principiar le giornate degli operai, promoveva e favoriva insensibilmente l'inerzia, lo sviamento l'abuso delle notti, e la difficoltà di condurre una vita metodica, regolare e costante, ch'è l'unico antemurale dell'ozio; della quale in vece

una specie di necessità scaturisce dall' orologio europeo, potendo con esso le ore, onde far le cose anzidette, mantenersi sempre le stesse per tutto l'anno.

549. A quest' orologio non possono rinfacciarsi che due soli incomodi, anche lievissimi. L'uno, che nominando un' ora, si rende talvolta necessario, a fuggire gli equivoci, aggiugnere, se sia della mattina o della sera (475), cioè pronunziare o scrivere due parole di più. L'altro, che l' ora del tramontar del sole varia ogni dì; talchè si può andare a rischio, chi non voglia pigliar nelle mani un lunario, d' uscir qualche volta al passeggio un quarto d'ora più presto o più tardi del consueto: altro mal non parendo che possa nascerne, poichè se si tratta sapere quante ore avanzino di giorno, verbicausa per intraprendere un viaggio, porta la spesa guardar sul diario a qual ora tramonti il sole; come bisognava pur fare, nel sistema italiano, quando chiedeasi l'ora del mezzodì.

CAPITOLO XXIII.

Della Gnomonica.

550. Gli antichi nominavano *gnomone* ogni linea perpendicolare. Però quell'ago, lancetta o stile, che manda l' ombra sugli orologi a sole, fu detto *gnomone*, e la scienza che insegna a misurar il tempo col favor di quest' ombre, *gnomonica.* Chiamasi *vertice* del gnomone la punta dell' ago; *piede* quel punto che nel piano dell'orologio sta sottoposto al vertice a perpendicolo; *altezza* la distanza dal vertice al piede. Queste diffinizioni reggono sempre, sia lo stile perpendicolare, o sia obbliquo al piano dell' orologio. Quando non v'è lancetta, ma sovrasta una lamiera con un pertugio nel mezzo, per cui passano i raggi solari, si appella *vertice* il centro del foro. Finalmente, l' ombra del vertice dello stilo, e così parimente il centro dell' immagine luminosa che va dal pertugio a dipingersi sul piano dell' orologio, si dicono *punto d' ombra.*

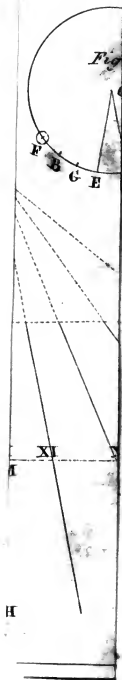
531. I vetusti obelischi, a parer dei dotti, erano gnomoni. La punta acuta, l'altezza enorme, e la base relativamente angusta, fan giudicar che a niun altro fine innalzati fossero. Inoltre l'usanza d'orientar le fabbriche, cioè situare le quattro facce rimpetto alle plaghe cardinali del mondo; usanza comune agl'Indiani, ai Chinesi, ai Caldei, agli Egizi, a tutte in somma le più vecchie nazioni, non può esser nata senza il conoscimento delle linee meridiane, e per conseguente de' gnomoni. Di sì fatta struttura pur sono le famose Piramidi egizie e le Indiche Pagode.

532. Dall' antichità degli orologi solari abbiamo contezza del fatto di Ezechia (*Regum* IV, 20). I Greci lasciarono scritto d'averli ricevuti da Beroso, astronomo Caldeo, il qual visse otto secoli prima. Ma i Greci, poco atti alle scienze, mandarono in dimenticanza quell' arte, tanto che Anassimene e Anassimandro mill' anni dopo ne furono reputati primi inventori. Ne accade maravigliarsi de' Greci, se negli anni 477 di Roma un orologio a sole, di Sicilia recato in questa città, come preda di guerra, fu il primo esposto, e servì di pubblica norma pel corso di 111 anni, quantunque mostrasse le ore fallaci, siccome costrutto per latitudine notabilmente diversa (*Hugenii, Oper.* T. I, pag. 3).

533. Or m' accingo ad insegnare, per quanto può intendersi da ogni persona non rozza, la descrizion delle linee meridiane e degli orologi a sole. Niun puote ignorare che l'ombra di qualsivoglia corpo, verbigrazia, d'un baston dritto, appuntato in cima, e confitto nel suolo perpendicolarmente, comincia lunghissima nello spuntar del sole, poi va di continuo abbreviandosi, fin a tanto che al mezzodì è fatta la più corta di quella giornata: dopo di che si rallunga incessantemente infino al tramonto del sole. Or come queste apparenze dipendono dalla rotazione (Cap. XIV) del nostro globo, la quale è del tutto uniforme, cioè d'ugual quantità nello spazio d'un' ora della mattina, come in quello d'un' ora della sera, ne

viene che un'ora avanti del mezzodì l'ombra esser debbe della stessa lunghezza che un'ora dopo: il medesimo dicasi di due ore, di tre, ecc., o di qualunque frazion di tempo intermedia. Ciò posto, segnate in terra il punto d'ombra del bastone, a qual momento vi piace della mattina (il migliore è d'intorno all'ore 9); misurate la lunghezza di quell'ombra, dal segno al piè del bastone, valendovi a ciò di bacchetta o pertica, o di altra cosa che non si stiri; nel dopo pranzo applicate quella misura all'ombra del gnonome, finchè le troviate perfettamente uguali; e tosto segnate sul suolo il punto d'ombra. Tirate una linea retta dall'uno all'altro dei punti d'ombra, e dividetela per metà. Tagliatela per questo punto di mezzo con un'altra che vada o venga dal piè del bastone. Quest'ultima linea, siccome situata a distanza eguale, a dritta e a sinistra, da ombre eguali, vuol essere appunto la meridiana. Sovr'essa per conseguente deve cadere l'ombra del gnomone al bel meriggio. Lungh'essa fa d'uopo che passi la superficie di quel muro, con cui abbiamo rappresentato (516) il pano del meridiano. Quindi ella deve mostrare il mezzodì tutti i giorni.

554. Ciò che abbiam fatto così alla grossa sul terreno, parmi bastante per dar ad intendere, non che la ragione dell'operare, ma ancora non esser la descrizion d'una meridiana lavoro così misterioso che ogni uomo non possa provvedersene di leggieri. A quel modo, non fuggirà per avventura l'errore di qualche minuto; ma se il bastone s'innalzi sei piedi almeno dal suolo, sia ben dritto e ben a piombo, accurate le misure dell'ombre, nel giusto suo sito, e rettissima la linea stabile rappresentativa della meridiana; si persuada pur che l'errore sarà assai lieve o insensibile. Spiegata la teorica, e data un'idea di pratica grossolana, venghiamo adesso ad operazioni più sottili, che non permettano errare nè pur d'un quarto di minuto. E perchè qui si tratta di tirare una linea, ed a ciò fa mestieri descriver

Fig
F
B
G
E
XI
H

cerchj, siamo costretti ad uscir questa volta dal nostro proposito, e valerci di figure, giacchè figura dee farsi.

555. Provvedetevi d'una Tavola quadrilunga, o di marmo liscio, o di legno duro stagionato, che sia ben piana: la *fig.* 1 la rappresenta scantonata, ma questo non è che per eleganza. In larghezza basta che stendasi per tre quinti della lunghezza: se pensate valervene sul parapetto d'una finestra, dovrete attenervi ordinariamente a piedi 1 1/2 di largo sopra 2 1/2 di lungo; giova aggrandir queste dimensioni, sin che la Tavola posi sodamente nel sito che le destinate. Sia questo esposto al sole, il più rivolto che abbiate al mezzogiorno; uno almeno dei lati della Tavola dee poter appoggiarsi a muro, ed essa mediante opportuni segnali levarsi e rimettersi nel medesimo luogo precisamente. Nel mezzo d'un de' lati più lunghi piantate una colonna di metallo, o cilindrica o quadrangolare, o di qual altra figura vi sia più a grado: questo lato, contrassegnato AB, deve star dalla banda del mezzogiorno. Pigliate una lamina ovale di ferro, sottile, non però debole, il cui diametro maggiore sia di mezzo piede, il minore cresca un tantino d'un terzo di piede; e foratela nel centro, tanto che una grossa spilla vi passi per regola generale; il centesimo dell'altezza del gnomone determina il diametro del forame. Attacate ben salda la lamiera alla cima della colonna con le seguenti avvertenze: 1. non in positura orizzontale, ma, come dicono gli artigiani, *a mezza squadra;* 2. l'estremità più bassa del diametro minor della lamina guardi verso mezzogiorno, stando la Tavola nel suo posto; 3. il diametro maggiore tenda a levante ed a ponente; 4. il centro del pertugio rimanga fuori della colonna, e sia alto mezzo piede dalla Tavola, o più, in proporzione, qualor s'aumentino le dimensioni di questa, assegnate sopra. Collocatela al luogo suo, e fate di ridurla, con l'aiuto del livello, ad essere stabilmente orizzontale. Or si tratta

di trovare e segnare quel punto di essa, che abbiamo denominato *piede del gnomone*. A tal intento, attaccate un filo ad un peso terminante in punta acuta, per esempio alla cruna d'un ago, il qual passi pel centro d'una palletta di piombo (*veggasi la figura*) rotondata sul torno dopo infilzato l'ago. Badate che il nodo del filo all'ago sia tale, che tenendo con l'altro capo del filo sospesa la palla, l'ago non riesca obbliquo, ma stia nella direzione del filo. Fate passare il filo di sotto in su pel forame, e sostenetelo nel bel mezzo di questo per modo che la punta del peso rada e non tocchi la Tavola. Per accertarvi che il filo tenga il giusto mezzo del pertugio, potreste turar questo con cera o sughero, traforandoli in centro quant'è la grossezza del filo. Quindi segnate sulla Tavola il punto a cui tende l'acume dell'ago, aspettando che questo sia cheto ed il vento non turbi la direzion perpendicolare del filo. Allor, posti da canto e peso e filo, che più non bisognavano, date di piglio ad un compasso, a 9 ore circa della mattina, e fatto centro nel punto or trovato, descrivete diverse circonferenze, come dimostra la figura, la maggior delle quali sia prossima con la sua convessità all'immagine rotonda de' raggi del sole che passano pel forame. Presto quel simulacro invaderà la detta maggior circonferenza, e quando ne sia diviso in due parti uguali, tosto tagliatela con sottil segno in quel punto che riputate centro dello spettro. Fate lo stesso di mano in mano negli altri circoli: la figura ve ne presenta il modello. Dopo il mezzodì, tante ore quante innanzi faceste l'ultimo taglio, tenetevi attento a cogliere il centro dell'immagine quando arrivi dalla banda sinistra sul cerchio più piccolo, indi sugli altri, e segate in que' punti ciascuna delle circonferenze, come operaste la mattina. Uscito fuor d'esse lo spettro solare, indagate con un compasso in ogni circonferenza il punto di mezzo fra i due tagli. Poi dal centro de' circoli tirate una linea, che

passi per qualsivoglia di questi punti di mezzo: quest' è la meridiana; ed ogni giorno quando il simulacro luminoso si troverà segato in due parti uguali da questa linea, in quell' istante sarà il mezzodì.

556. Per conseguire l'intento una sola circonferenza basterebbe, ma per certificarsi di non aver commesso errore nelle sezioni, se ne descrive più d'una; giacchè la linea meridiana (non badando in ciò alla figura) dee tragittare per tutti i punti di mezzo, se tutto fu fatto a dovere. Che se qualche piccola aberrazione scopriste in tal caso conducete la linea per la strada di mezzo fra que' punti. Ma quando la deviazione non sia tenuissima e quasi insensibile, bisogna considerar quelle osservazioni come non fatte, e rifarla con più diligenza un altro dì. Sta bene che le circonferenze e i tagli sian linee, non solamente sottili, ma fatte con lapis od altra materia da poter poi cancellarsi; talchè rimanga appariscente la sola meriana, non servendo più avanti le altre se non di confusione e d' ingombro.

557. Or fia pregio dell' opera render ragione d'alcuni precetti, nudamente espressi. Se in vece d'una Tavola mobile aveste in acconcio un piano stabile, preferitelo di buon grado: sol bisogna difender la meridiana dall' ingiurie delle meteore, o coprendola, o incastrandovi un filo di metallo, o solcandola con fino scapello. In tal caso, abbondando probabilmente lo spazio, aggrandite le dimensioni: facendole 5 volte maggiori, potete ottenere l'istante del mezzodì senza errore d' un decimo di minuto.

558. La figura ovale della lamiera ha per iscopo di conseguir l'ombra rotonda. Se presentate ai raggi del sole una superficie circolare o un anello, vedrete nascere sul terreno l' ombra ovale. Perchè fosse rotonda, bisognerebbe che i raggi cadessero a perpendicolo sul corpo che genera l' ombra, e sul piano in cui ella si dipinge, siccome ognuno può farne la prova. Ora il sole non s' alza mai tanto da mandar la luce a perpendicolo sopra il suolo di queste no-

stre regioni. Se dunque il corpo rotondo partorisce ombra ovale, per converso debb' esserci, e con le regole di prospettiva puntualmente si trova la precisa ovalità che produce l'ombra circolare. Le prime tre condizioni, che abbiam prescritte al collocamento della lamiera, mirano a presentarla perpendicolare ai raggi del sole nel meriggio, quando egli si trova nella sua mezzana altezza, cioè, ne' tempi degli equinozi; e si elegge questa perchè il difetto della rotondità riesca il minor possibile nel rimanente dell' anno. Le dimensioni poi assegnate sopra ai diametri della lamina, costituiscono appresso a poco l' ovalità competente alle nostre latitudini per creare l' ombra rotonda. E ciò non ad altro preme, se non perchè il simulacro del sole, che vien dal pertugio in su la tavola, riesca più mediante un egual contrasto d' ombra tutto d' intorno, al qual intento pur giova che la superficie della tavola sia renduta bianchissima.

559. Qui mi torna in acconcio avvertire, che non è d' uopo aumentare i diametri della lamina proporzionalmente alle altre misure, ma basta per metà. Per esempio, fateli doppi, se quadruplicate l'altezza del gnomone. Quando poi questa superi i tre quarti di piede, sarà ben fatto, ad aver lo spettro rotondo, che anche i diametri del forame sian disuguali, con le stesse proporzioni di quelli della lamiera, e pel verso medesimo.

560. Se aspettaste dopo le ore dieci a descrivere le circonferenze, e tagliarle come s' è detto, la linea meridiana potrebbe riuscir poco esatta; mentre quanto più il sole si accosta al meriggio, sempre meno s'innalza in un medesimo tratto di tempo; quindi l'immagine luminosa s' intorpidisce nel traversar le circonferenze, ed il momento preciso, nel qual è segata per mezzo da esse, non è più un momento solo. Se incominciaste alle ore otto o prima, i raggi troppo obbliqui stenterebbero a penetrare pel forame, lo spettro si deformerebbe, e potrebbe anche battere fuor della Tavola. Ecco i motivi delle ore 9 assegnate sopra.

361. Rimane da dire, perchè suggeriamo la lamina pertugiata, in cambio d'uno stilo. Sebbene il vertice di questo soglia essere rintuzzato e smussato alquanto, ciò nondimeno è molto difficile ben distinguere il punto d'ombra. Tra la superficie illuminata e l'ombrosa v'ha sempre un tratto di mezzo, ove l'ombra finisce sì debole, sì sfumata, che non è possibile determinarne il confine con tutta sicurezza. Or questa è perfetta con l'altro metodo; poichè niun occhio è sì falso, che non distingua immediatamente se un cerchio è segnato da una linea in porzioni uguali o disuguali. Gli antichi obelischi furono spesso nell'apice terminati da una palla, il cui centro nell'ombra gagliarda di quella era molto più facile a scernere, di quel che il vero limite dell'ombra d'uno stilo. Ma se a questo applichiamo in cima un globetto, riman poi la difficoltà di trovare il piede del gnomone, il qual corrisponda a perpendicolo al centro della pallottola. In qualunque modo, a chi voglia valersi d'uno stilo, sempre consiglierei di piantarlo obbliquo, cioè un poco inclinato al settentrione, tanto che l'asta non impedisca le operazioni d'un filo a piombo con punta acuta per rintracciare il piede del gnomone, dal qual dipende ogni esattezza. Altrimente se mai lo stilo non fosse ben dritto e ben perpendicolare alla tavola, sicchè il mezzo della punta o palla sovrasti verticalmente al centro dell'incastro dove lo stilo dee conficcarsi dopo d'aver da quel centro descritte le circonferenze, non si farà cosa che vaglia.

562. I metodi antecedenti suppongono che ad egual distanza di tempo, avanti e dopo il mezzodì, le altezze del sole sieno uguali. Quest'è vero ne' solstizi (441); ma il fare in quei tempi le operazioni prescritte sopra, patisce inconvenienti. Imperciocchè nell'estivo l'ombre essendo brevi, camminano lentamente; e però il punto d'ombra s'addormenta, a così dire, sulle circonferenze, a quel modo che s'è ancor detto poc'anzi. Nel solstizio inver-

nale, rapido in vero è il moto dell' ombre che son le più lunghe di tutto l'anno, ma la bassezza del sole sull'ore 9 rende scarso il transito de' raggi pel foro della lamiera, o molto bislunga l' ombra della palla, o debolissima quella dell' acume; talchè in tutti i modi riesce difficile non errare nel punto d'ombra.

563. Negli altri tempi dell'anno, non prossimi ai solstizi, gl' inconvenienti ora detti non regnano, ma s' incorre in un altro. Quella variazione che si osserva da un giorno al seguente, nell' altezza meridiana del sole (438), provien dal moto annuo della terra, il qual è continuo; perciò l' elevazione del sole non può esser la stessa alle ore nove della mattina ed alle tre della sera, poichè nel frattempo di queste sei ore la terra ha varcato una quarta parte di quel cammino, il qual deve domani farci vedere il sole nel meridiano ad altezza diversa da quella d' oggi. Or siccome ogni punto d'una circonferenza di cerchio è lontano ugualmente dal centro, così la lunghezza dell' ombra è perfettamente uguale quando facciamo i due tagli, mattutino e vespertino, sopra una stessa circonferenza. Ombre uguali rispondono ad elevatezze uguali del sole: ma queste abbiam detto or ora non poter esser a distanze uguali di tempo dal mezzodì; dunque tali distanze saran diseguali quando le ombre sono uguali; e per conseguenza la meridiana che conduciamo per punto di mezzo fra i due tagli, sarà erronea.

564. Questo error non può eccedere veramente i 18 minuti secondi. Ma se cospirasse con quello di 15 secondi circa (554), il qual dipende dalle inevitabili inesattezze nelle operazioni, la meridiana potrà esser fallace di mezzo minuto. Per chi ami per tanto procedere con ogni accuratezza, ed avere una meridiana che mostri il mezzodì senza fallar di 6 secondi, come abbiamo promesso (557), espongo la Tavola seguente, con l' aiuto della quale potrà ottenersi l'intento, operando a quel modo che poi dirò.

Tavola per uguagliar la distanza di tempo pomeridiana all' antimeridiana nel punto d' ombra.

Ore tra le osservazioni	VII	VI	V	IV
1 Gennajo	10′	10″	9′	9′
11	17	17	17	17
21	24	24	24	24
31	29	29	29	29
10 Febbrajo	33	33	32	32
20	35	35	34	33
2 Marzo	36	35	34	34
12	35	35	34	33
22	34	33	32	31
1 Aprile	31	30	29	29
11	29	28	27	25
21	25	24	23	22
1 Maggio	22	21	19	18
11	18	17	16	15
21	13	13	12	11
31	9	9	8	7
14 Luglio	10	9	9	8
24	14	13	13	12
3 Agosto	18	17	16	15
13	22	21	20	19
23	26	25	24	23
2 Settembre	29	28	27	26
12	32	31	30	29
22	34	33	32	31
2 Ottobre	35	34	34	33
12	36	35	34	33
22	35	34	34	33
1 Novembre	32	32	32	31
11	29	28	28	28
21	23	23	23	23
1 Dicembre	17	17	16	16
11	9	9	9	9

565. Suppongo che sia il giorno 2 marzo, e che che la prima osservazione del punto d'ombra sia fatta alle 8 1/2 circa della mattina. L'operazione pomeridiana corrispondente batterà dunque sulle 3 1/2 della sera. L'intervallo fra l'atto dei due tagli comprenderà ore 7, o in quel torno. In tali circostanze la prima colonna della Tavola dà secondi 36. Or sia in A (*fig.* 2) la sezione della mattina, in B quella sera. Dal momento di questo taglio aspettate che passino 36 minuti secondi, al fine de' quali lo spettro sarà più fuori che dentro del cerchio, come si vede in F. Segate per mezzo l'archetto abbracciato dal simulacro, poi fate altro taglio in G, di maniera che BG sia uguale a BF. Allora dividete l'arco AG in due parti uguali, come in D, poi tirate dal centro C la retta CD: questa sarà la giusta meridiana. In tal guisa dovete agire nei primi sei mesi dell'anno: ma negli ultimi non avete bisogno del punto G; dividete per mezzo l'arco AF, come in E; e la CE sarà la meridiana.

566. Adunque i numeri delle quattro colonne della Tavola, eccetto la prima linea, sono minuti secondi da lasciar passare il dopo pranzo dopo la sezione in B per farne un'altra in F. I detti secondi si contano con l'aiuto d'un pendolo o d'un orologio a secondi, se tai macchine si possiedono; o vero con altrettante battute di polso; o finalmente con giudicare a stima d'occhio sopra un oriuolo comune, quando l'indice dei minuti abbia corso un quarto, un terzo, una metà di minuto, sapendo che il quarto vale 15 secondi, il terzo 20, la metà 30; e regolandosi in proporzione nel più e nel meno. Avverto bensi che la figura è fatta largamente per dare idea chiara della cosa: per altro il punto F si troverà cadere vicinissimo al punto B, quando l'altezza del gnomone non fosse considerabile.

567. La ragione de' punti diversi F, G, nei diversi semestri, è poi questa. Ne' primi sei mesi il sole a mezzodì comparisce sempre più elevato da un giorno

al seguente. Per conseguenza nelle ore trascorse dall' osservazione in A a quella in B si è alzato un poco, e però giugne in B (dove ha la stessa altezza che aveva in A) un tantin più tardi che non farebbe ne' solstizi, dove da oggi al domane l' elevamento suo non si muta. Il buon taglio debb' essere dunque fatto in G, alquanti secondi prima di quello in B. Ma non essendo possibile contarli avanti, ignorandosi il momento del principiare; perciò si contano dopo, e scoperto il moto posteriore BF, si determina l'anteriore GB, misurando col compasso, GB uguale a BF.

568. Viceversa, negli ultimi sei mesi il sole si abbassa continuamente da un giorno all'altro. Arriva per conseguenza in B troppo presto; e per compensare la sua soverchia sollecitudine, fa mestieri aspettare quei secondi che la Tavola prescrive, e segnar la giusta sezione in F. Quando poi dico *sei mesi*, intendo escluder sempre gli ultimi dieci di nei quali il sole comincia a ritrocedere, comechè insensibilmente, nelle sue altezze. E questo avverto per esattezza d' espressione, non per motivo d' utilità; posto che la tavola non dà per que' tempi correzione alcuna, la qual sarebbe menomissima.

569. Tace anzi la tavola per tutto giugno, e fin presso alla metà di luglio, non che dai 12 ai 31 dicembre; ne' quali tratti d' intorno a' solstizi, l' errore è nullo, o può riputarsi per tenuità. La ragione, per cui la prima lacuna si stende oltre al doppio della seconda, consiste in questo; che il sole, a calar d' una data quantità verso l' orizzonte, impiega in giugno la metà poco più del tempo che spende in dicembre; per esser tanto più rapida la discesa quant' è più elevato. Quindi l' errore, che nasce dalle altezze disuguali, si emenda più presto nel primo caso che nel secondo, e rimane insensibile nell' operazione per più lungo corso di giorni. Del resto, i secondi, scritti nella tavola, scaturiscono da computi trigonometrici indubitati, ma inintelligibili da chi non sia nelle matematiche alquanto avanzato.

370. Ciò che ho detto di due osservazioni corrispondenti, s' intenda d' ogni altro paio di tagli sopra ciascuna circonferenza. Se la distanza di tempo tra le sezioni fosse minore di ore 6 1/2, e maggiore di 5 1/2, si piglieranno i secondi nella colonna delle ore 6. Se l'intervallo battesse tra le 4 1/2 e le 5 1/2, varrà la colonna delle ore 5, o sia la terza. Anderai finalmente alla quarta, quando lo spazio fosse fra le ore 3 1/2 e le 4 1/2.

371. Ne' giorni non nominati nella Tavola, farai di prendere le quantità intermedie, in proporzione. Per esempio, se non il dì 2, come ho detto sopra, ma il 6 marzo tu facessi le osservazioni, tant' e tanto dovresti pigliar 36 secondi, come il dì 2, per essere il 6 più vicino al 2, che al 12, dove i secondi son 35. Ma se la differenza, tra le due quantità della Tavola che abbracciano la tua giornata, fosse maggior d'un secondo, allora devi fare una regola del tre. Supponiamo eseguite le osservazioni nel giorno 5 maggio, in distanza d' ore 6 circa. La seconda colonna dà, pel dì primo di questo mese, secondi 21 ; e pel dì 11, secondi 17. Dirai dunque : Se in 10 giorni calano 4 secondi, in 4 giorni quanti secondi caleranno? Abbiamo 16 da divider per 10, il che dà per quoziente 1 secondo, e 6 decimi. Ma 10 decimi fanno un secondo ; onde 6 son più di mezzo, e però si contano per uno. Risulta così, lo scemamento dopo il dì 1 dover esser 2 secondi. Sono dunque 19 i secondi da correre tra il primo taglio e il secondo.

372. Nella tavola gl' intervalli sono sempre di giorni dieci, per esser comodo questo numero alla divisione testè indicata. Del resto, la Tavola è computata per la latitudine di gradi 45, ma per due ore o tre; di più o di meno, è sì tenue il divario nei secondi, che può servire con ogni fiducia per tutta Italia settentrionale da Roma in su. In cotal tratto di paese la linea meridiana debb'esser lunga, onde pigli l' immagine solare nel solstizio di dicembre, due volte e mezzo l' altezza del gnomone per lo meno, cominciando dal centro dei circoli.

573. Quattro sono le meridiane più rinomate in Italia: nella cattedrale di Firenze, in S. Petronio di Bologna, nel Duomo di Milano, e nei Certosini di Roma alle Terme di Diocleziano. Le altezze de' gnomoni sono: piedi 277, 83, 74, 62. La prima non ha l' eguale al mondo, e fu opera di Paolo Toscanelli l'anno 1467 nella famosa cupola di Brunelleschi. La seconda ebbe origine da Ignazio Danti, 6 anni prima della correzione gregoriana, ad oggetto di render patenti ad ogni uomo gli errori del calendario e la necessità della riforma: il celebre Domenico Cassini vi pose utilmente la mano due volte. La terza è nata poco fa, cioè nell' anno 1786, a merito de' viventi valorosissimi astronomi di Brera. Finalmente della quarta fu autore Francesco Bianchini nel 1701. Si fatti gnomoni sarebbero i più sicuri fra tutti gl' istrumenti, se i grandi edifizi durassero immobili contro l'azione del sole, del gelo, e del peso loro.

574. Veduto il modo per descrivere una meridiana orizzontale, passiamo a trattare delle altre linee delle ore, o sia della formazione d' un orologio a sole, parimente orizzontale. Sarà cosa ben fatta delinearlo sopra una carta, donde poi si trasporta sul piano del gnomone con somma facilità. La *figura* 3 rappresenta l' operazione da farsi, che è facilissima. Primieramente con una linea CH si divida il foglio in due parti uguali, una a dritta, l' altra a sinistra. Questa linea figura la meridiana; la qual debb' essere già tirata sulla tavola dell' orologio coi metodi soprascritti. Suppongo tre piedi giusti l'altezza del gnomone o sia dello stilo; ognuno intenda e adopri il piede che s' usa dov' ei dimora. Questo suole dividersi da per tutto in dodici parti, che oltramonti si chiaman *pollici*, e in qualche luogo d' Italia *once*. Il pollice poi vien partito in dodici *linee* o *punti*. Per tanto l'altezza dello stilo sia di 432 linee. Or si tratta determinar nella retta CH i punti P, M; al qual fine do la seguente Tavola:

Città.	*Latitudini.*		C P	P M
Roma	41°	54′ linee	481 1/2′ linee	387 1/2
Firenze	43	47	450 3/4	414
Bologna	44	30	439 1/2	424 1/2
Modena	44	34	438 1/2	425 1/2
Parma	44	45	433 3/4	428 1/4
Ferrara	44	50	434 1/2	429 1/2
Piacenza	45	3	431 1/4	432 3/4
Mantova	45	9	429 3/4	434 1/4
Pavia	45	11	329 1/4	434 3/4
Padova	45	24	426	438
Venezia	45	26	425 1/2	438 1/2
Verona	45	26	425 1/2	438 1/2
Milano	45	28	425	439
Brescia	45	33	423 3/4	440 1/4
Bergamo	45	42	421 1/2	442 1/2

575. La seconda colonna di questa Tavola esibisce in gradi e minuti la latitudine di 15 città dell'Italia settentrionale (572). Le colonne terza e quarta somministrano le lunghezze rispettive delle porzioni CP, PM della linea CH. Ne' paesi interposti, o circonvicini si piglieranno in proporzione. In generale, le dette lunghezze variano un quarto di linea per ogni minuto di cangiamento nella latitudine. Chi non sa la precisa differenza di latitudine dal luogo, in cui opera, alla città più vicina nella nostra tavola, può riconoscerla in due maniere, o da una carta geografica, o vero dalla distanza in miglia, considerando che un minuto di latitudine vale un miglio per linea retta, verso tramontana o verso mezzodì. Se nelle carte i gradi e minuti di latitudine fossero discordi dalla nostra Tavola, non si ponga mente a ciò, questa essendo quasi tutta fondata sopra osservazioni astronomiche indubitate, ma si pigli solamente dalla carta i minuti di differenza.

576. Vengo alle operazioni, ove quello che dirò

di Modena, potrà servire di norma per ogni altro luogo. Eletto ad arbitrio il punto C, determino l'altro P in distanza di linee 438 1/2 dal primo, siccome prescrive la Tavola; a tenor della quale segno il terzo M discosto linee 425 1/2 dal secondo: tutti tre nella linea CII. Per l'ultimo fo passare la retta EN, perpendicolare, cioè a squadra, alla CM; e lunga quanto permette la carta. Questa EN si chiama l'*equinoziale*, poichè ne' giorni degli equinozi il punto d'ombra vi scorre sopra tutto al dilungo. Dal punto P conduco un'altra perpendicolare occulta PS uguale all'altezza dello stilo, cioè lunga linee 432. Trovato così il punto S, tosto ne stabilisco un altro *a*, nella linea CII, il qual sia nella stessa distanza di quello dal punto M.

577. Tutte le misure anzidette si deono pigliare con l'ultimo scrupolo, dipendendo da questa la fedeltà dell'orologio. Ora i punti delle ore III e delle IX stanno alla medesima distanza M *a* dal punto M. Piglio poi la distanza doppia, cioè da III a IX, e la porto da *a* in IV ed in VIII; indi da VIII in I e da IV in XI. Altrettanto si dilunga il VII dall'VIII a banda destra, e il V dal IV a sinistra: ma le ore VII e V sono omesse nella figura, siccome poco utili. Finalmente ciascun de' punti, II, X è distante dal punto M, quant'è la terza parte della distanza da M a IV, cioè dell'intervallo adoprato or ora. Dal punto C, che si chiama *centro dell'orologio*, si tirino pei punti, determinati come sopra nell'equinoziale, le linee CIV, CIII, ecc., prolungandole quanto permette la carta. Queste sono le *linee orarie*. Ogni giorno l'arrivo del punto d'ombra sopra esse succederà precisamente nell'ora indicata dal numero romano rispettivo.

578. A tal effetto bisogna che sieno descritte sul piano del gnomone. Per trasportarvele dalla carta, basta sapere che il punto P è il piede dello stilo, cioè il centro de' circoli che han servito a segnare la vera meridiana, rappresentata dalla PII. In primavera ed estate il punto d'ombra tragitta sopra

l'equinoziale; in autunno ed inverno, sotto. Ho già detto qual debb'essere la lunghezza della PH: le altre linee orarie soglion troncarsi al medesimo livello con essa, tanto in alto come a basso, essendo superfluo che giungano sino al centro C.

579. Ma se vogliasi metter la linea delle ore VI, questa deve passare pel punto C, ed essere perpendicolare alla meridiana, dilungandosi a dritta e sinistra quanto ne cape. Similmente la linea delle ore VII antimeridiane dee continuarsi nell'alto dopo il punto C, se si voglion le VII pomeridiane. Così quella delle VIII serve alle VIII rispettivamente; e sarebbe il simile per le susseguenti: ma in questi paesi il sole tramonta prima, e perciò sono inutili. Del pari la linea delle ore V pomeridiane, continuata nell'alto dopo il punto C, serve alle V antimeridiane. Quella delle IV alle IV rispettivamente, e così discorrendo; ma queste pure sono infruttuose.

580. Sarei d'avviso di non segnar che tre ore per banda della meridiana, cioè della IX mattutina alla III vespertina. Imperocchè nell'altre la lamiera col foro non lascia passar sufficiente copia di raggi. Inoltre, quand'anche si usasse uno stilo, convien sapere che quanto più sono lontane dalla meridiana le linee orarie, tanto più son fallaci, a cagion della refrazione (149), la qual maggiormente incurva i raggi del sole a misura ch'ei s'avvicina all'orizzonte (154, 168). Perciò gli orologi solari avanzano la mattina e ritardano la sera; ma l'errore è insensibile fino a due ore circa avanti e dopo il mezzodì.

581. Facendo l'altezza dello stilo maggiore o minore di linee 432, si aumenteranno o diminuiranno in proporzione i numeri della Tabella per le distanze CP, PM. Per esempio, se lo stilo fosse tre volte più corto, cioè di linee 144, le dette distanze si piglierebbero parimente tre volte minori. Che se la proporzione non fosse così precisa, ma si assumesse lo stilo, verbicausa, di line 156, allora bisogna fare il computo d'una regola del tre; dicendo: Se l'al-

tezza di 432 linee da PC di 438 1/2 (per Modena), l'altezza di 156 linee qual valore darà di PC? Moltiplicando 438 1/2 son 156, e dividendo il prodotto per 432, emerge PC di linee 158 1/3. Con questa regola si troverà PC per ogni altro paese e nello stesso modo PM.

582. Quando i compassi ordinari son troppo piccoli per le costruzioni antecedenti, possono agevolmente surrogarsi quelli *a verga*, di cui do la figura, siccome assai facile da eseguirsi. Consistono puramente (*fig.* 4) in una verga di metallo e di legno duro, dritta liscia, soda, che non s' incurvi, e lunga 3 piedi o 4, o più. Due scatole come C, D, aperte in due fianchi opposti, ed armate di punta acuta d'acciaio, ricevono la verga, e si fermano dove si vuole mediante una vite. La prima C può anch'essere stabile, bastando che l'altra scorra per essere arrestata dove fa d' uopo. Ho rappresentato in grande le scatole nella *fig.* 5, acciocchè si osservi che l'estremità della vite preme una laminetta d'acciaio contro la verga, per non lasciare su questa impronte, nè incavature. Qualunque sia il compasso di cui vi valete, importa grandemente che le punte sien fine, e che usiate ogni scrupolosa diligenza per metterle sempre nel mezzo, così de' punti come della grossezza delle linee.

583. Abbiamo insegnato a costruire una meridiana, ed anche un orologio solare, sopra un piano orizzontale. Volendo segnar la prima sur un piano verticale, cioè sopra un muro, cominciate dal piantare in questo lo stilo, o pure la verga o verghe, portanti la lamiera pertugiata; poi notate il punto d'ombra al momento del mezzodì determinato da una meridiana orizzontale. Quindi, applicando rasente il muro, e sul punto d'ombra, un filo ben tirato da un peso, imprimete sotto la dirittura del filo due altri punti, che abbraccino la lunghezza cui dar volete alla meridiana. Tirate dall' uno all' altro una linea retta, che passar deve altresì pel primo, e questo sarà la meridiana.

Circa i suoi termini dar non si possono reg le generali, poichè dipendono dalla posizione del muro, e dall'altezza dello stilo. Il punto d'ombra li manifesta nei due solstizi, val a dire dai 14 ai 26 giugno, e dai 16 ai 25 dicembre. Se in questi giorni le nubi impedissero l'osservazione, fatela dopo al più presto, e tenete la meridiana un pochetto più lunga.

584. Per delineare un orologio a sole sopra d'un muro è di necessità saper di trigonometria, per esser rarissime le muraglie rivolte alla giusta plaga del mezzogiorno, ed ogni diversa declinazione mutando il posto alle linee orarie. Similmente la descrizion della meridiana del tempo medio (540) richiede un matematico. Ella è una curva che serpeggia d'intorno alla meridiana del tempo vero, tagliandola in quattro punti, ne' giorni in cui l'equazione è nulla (538): rassomiglia appresso a poco il numero 8. In ogni altro dì il punto d'ombra traversa ambi i rami della curva: un di questi dà il mezzodì in certe stagioni, l'altro nelle altre: onde non solo è mestieri saperla descrivere, ma ancora saper su qual ramo si debba por l'occhio nei diversi tempi dell'anno. Segnata per altro che fosse da mano perita, la seconda nozione agevolmente si renderebbe pubblica.

585. Corrono per le mani di tutti certe scatolette di lieve prezzo, ch'esposte al sole manifestano l'ora. La picciolezza d'esse può dar luogo ad errore d'alquanti minuti; ma in viaggio, massime poi sul mare o villeggiando, son comodissime e di sufficiente esattezza pei bisogni del vivere. Consigliando per tanto ciascuno a farne acquisto, dirò come sia da valersene. Il cerchio di metallo, sul qual sono incise le ore, si debbe alzar sulla sua cerniera fin tanto che possa elevarsi liberamente un archetto sottopposto, ch'è pur di metallo, della grandezza d'un quarto di cerchio, sul quale sono intagliati i numeri, 10, 20, ecc., fino ad 80, che sono i gradi di latitudine. Elevate questo quadrante quanto potete; poi abbassate il cerchio, di maniera che il primo rimanga

fuori, ed entri nella scanalatura ed incastro, che a tale oggetto il secondo porta sul fianco. Bassate di tanto il cerchio, che la superficie ove sono le ore, venga a corrispondere al grado di latitudine del paese in cui siete. Per conoscerla può giovarvi la Tavoletta (574): trascurando i minuti, giacchè ne' suddetti quadrantini appena è visibile il grado, non essendovi segni ordinariamente che ad ogni due gradi. Alzate l'ago mobile, ch'è nel centro del cerchio, tal che venga ad essere perpendicolare alla superficie, se pieno fosse, del cerchio medesimo. Posate la macchinetta sopra un piano colpito dal sole, e giratela tanto che l'ago calamitato declini un poco dalla linea di tromontana verso ponente. Nel fondo della scatoletta suol esservi scolpita la rosa de' venti con due linee incrociate, le cui quattro estremità son denominate dai punti cardinali, settentrione, oriente, mezzogiorno, accidente. Un'altra linea con punta a freccia, traversa d'ordinario obbliquamente quella di settentrione e mezzodì, e rappresenta la posizione in cui deve fermarsi l'ago calamitato. Immaginandoci divisa in cinqne parti la distanza dalla punta della linea di tramontana alla punta di quella d'occidente, l'acume dell'ago deve stare, in queste regioni, una d'esse cinque parti discosto dalla punta della linea di tramontana. Questa si chiama *la declinazion della calamita;* imperocchè pochi sono i paesi nel mondo, ove questa s'indrizzi precisamente al norte; ma in quelli d'Italia, per cui scrivo, declina 18 gradi circa verso ponente, siccome ha riconosciuto con accurate osservazioni l'astronomo padovano sig. ab. Chiminello. Ora 18 grani sono il quinto di 90; e 90 comprendono un quadrante di cerchio, qual è quello abbracciato tra le due linee di tramontana e di occidente. Adunque volgendo la scatola, finchè l'ago calamitato si trovi a quella distanza dalla linea di tramontana e mezzogiorno, allora questa linea indica esattamente le stesse plaghe; e la scatola giace nel vero sito, in cui può servire al fine per cui fu fatta. Stando essa

così, badate quando l'ombra dello stilo batta precisamente sopra un de' segni delle ore o delle mezz'ore, e saprete che ora è, con pericolo di sbagliare di pochi minuti.

586. Questi orologi si appellano *equinoziali*, atteso che il cerchio delle ore, montato come sopra, riesce paralello all'equatore, cioè al piano del circolo della linea equinoziale, nel qual piano, mentalmente prodotto, si trova essere il sole nel giorno dell'equinozio. Di maniera che, se ciò avvenga per caso nel momento dell'osservazione, i raggi batteran drittamente nella costa del circolo delle ore, e l'ombra dello stilo andrà lontana senza giovare all'intento; ma questo difetto inevitabile è raro, e, per così dire, istantaneo, poichè il sole traversa rapidamente il piano dell'equatore, e, per poco che sia sopra o sotto, l'ombra dello stilo si rende operativa. Gli orologi equinoziali in grande sono i più facili da costruirsi, poichè gl'intervalli fra un'ora e l'altra son tutti eguali; ma essendo poi difficili da collocarsi esattamente paralelli all'equatore, era poco utile l'insegnare a descriverli.

587. Si fan parimente orologi solari, che mostrano l'ore all'italiana, ed a qualunque altra usanza, per esempio, le babiloniche, le quali pincipiano a correre al levar del sole; le giudaiche o romane, e l'ecclesiastiche (474). Ma tutti questi orologi dipendon da quello delle ore europee (475); del qual solamente ho trattato, per esser l'unico che sia agevole e necessario in tutti i casi.

588. La teoria della gnomonica è sempre piantata sull'ipotesi che il vertice dello stilo sia il centro della terra; nè alcun error ne risulta, a cagione che il semidiametrò del nostro globo è quantità da nulla rispetto alla gran distanza di esso dal sole (Cap. X).

CAPITOLO XXIV.

De' Climi e delle Stagioni.

589. Per *clima* s'intende in astronomia una fascia della superficie terrestre, terminata da due paralelli (533), ne' quali il più lungo giorno ha mezz' ora di più o di meno dall' uno all' altro. I paesi giacenti nell' equatore, o sia sulla linea equinoziale, esempigrazia, Quito nel Perù, godono la presenza del sole ore dodici sempre. Perciocchè egli e le stelle s' innalzano quivi dall' orizzonte per linea perpendicolare e non per linea obbliqua, siccome fanno con noi. Addiviene poi quello dall' essere le regioni sopraccennate a distanze uguale dal polo artico e dall' antartico; i quai poli son proprio nell' orizzonte di que' paesi, a quel modo che stanno i perni d' una ruota da mulino; laonde ogni punto della terra in virtù della rotazione (Cap. XIV), gira in un cerchio perpendicolare alla superficie terrestre alla stessa guisa della ruota; e la circolazione diurna degli astri deve parere (275) a quegli abitanti succedere similmente. Tale stato di cose si chiama la *sfera retta.*

590. Quel giornaliero apparente circuito dei corpi celesti è dunque diviso dall' orizzonte in due semicirconferenze uguali. Fate che un piano tagliente si muova paralello al terreno, e ferisca la ruota pel suo bel mezzo, cioè passi pel centro e per ambi i perni; rimarrà ella recisa in due metà. L' ambito della metà superiore è figura del moto apparente degli astri dal levare al tramontare; l' ambito inferiore e l' immagine dello stesso moto dal tramontare al levare. I due tempi di cotal moto esser debbono dunque uguali, poichè si spende in uguali semicirconferenze. Ecco spiegata la causa per cui, ne' paesi situati lungo la linea, la durata del giorno è costante, e pareggia mai sempre la lunghezza della notte.

591. Ma fuori di quelle posizioni, ogni luogo quant' è più discosto dall'equatore, o sia (con altre parole) quant' è più vicino al polo, tanto più soggiace ad ineguaglianze tra i giorni e le notti. Ne' nostri climi, a cagion d'esempio, la giornata più lunga, nel mese di giugno, tira ore 15, min. 36; la più breve, in dicembre, ore 8, min. 38. Quindi la notte più corta, all'entrar della state, abbraccia ore 8, min. 24; la più lunga, al principio d'inverno, ore 15, min. 22. Tentiamo di penetrare alle cause di così fatti svariamenti.

592. Date di piglio ad un popone, e cingetelo con un filo a distanza ugual da quei punti dove le costole s'incrocicchiano. Se a quei punti raffigurate i poli della terra, avrete nel filo il sembiante dell'equatore. Fra questo ed un polo circondate il popone con altro filo, il qual serbi sempre una stessa distanza dal primo: sarà nel secondo rappresentato un parallello. Comunque vi piaccia fendere il popone da un polo all'altro, taglierete ambi i cingoli in parti uguali. Or questo è il caso degli abitanti lungo la linea, l'orizzonte dei quali spartisce la terra per simil maniera, perciocchè i poli giacciono in quello.

593. Non così per coloro, rispetto a' quali un polo è innalzato dall'orizzonte, l'altro è depresso: a cagion d'esempio, per noi che miriamo la stella polare all'altezza di mezzo cielo, la bisogna succede molto diversamente. Sopra un popone intero, e ricinto come sopra, eleggete un punto che sia di mezzo fra un polo e l'equatore. Segnate il punto diametralmente opposto, cioè quello dove uscirebbe una lunga spilla, la qual traforasse il popone, entrando pel primo punto, e tragittando pel centro del popone. Pei due punti opposti, accennati or ora, fate passare un tagliente ferro, dal quale il popone sarà dimezzato. Vedrete bensì diviso in due semicirconferenze uguali quel cingolo che rappresenta l'equatore, ma non così l'altro filo rappresentante il parallello. Tanto più ineguali comprenderete (e con

altri poponi comproverete) riuscire dell'ultimo filo le due porzioni, quanto più i punti eletti saran vicini all' equatore.

594. Posate sur un desco ciascuna metà del popone, dalla banda piana del taglio. La Tavola sarà immagine dell' orizzonte comune ai due paesi antipodi (597), che giacessero nei culmini de' due mezzi poponi. Questo stato di cose si noma la *sfera obliqua*, da poi che l' equatore ed i suoi parelelli sono inclinati obbliquamente al piano dell' orizzonte. Salvo i pochi abitanti sul margine della linea, il rimanente del genere umano dimora nella sfera obbliqua.

595. La rotazion della terra, facendosi d' attorno ai poli, perciò le stelle ed il sole fan vista ogni di circondarla per cerchi paralelli all' equatore. Questo poi è tagliato per mezzo dell' orizzonte di qualsivoglia paese (592, 593, 594). Dunque, allor quando miriamo il sole nell' equatore, all' esordio di primavera e d' autunno, in marzo ed in settembre (22), allora il giorno deve uguagliare la notte in ogni luogo della terra. Ma fuori di que' due tempi, veggendo noi per virtù del moto annuo di essa (347), correre il gran luminare apparentemente sulle circonferenze de' paralelli; ed essendo questi tagliati dall' orizzonte in porzioni vie più disuguali, quanto più il domicilio nostro è vicino al polo, cioè quanto men l' orizzonte nostro si scosta dal piano dell' equatore (593): di qui spicca chiara la verità dell' asserto (591); e le disuguali porzioni del secondo filo, dalle quali è raffigurata la lunghezza del giorno e della notte, possono darne oculare convincimento.

596. Osservate che in una delle metà del popone esso filo passa di mezzo fra l' equatore ed il polo; nell' altra il luogo di mezzo è tenuto dall' equatore. Nel primo caso il giorno è maggiore della notte, siccome più lunga vedete su quel mezzo popone la tirata del filo: quest' è l' immagine della nostra estate. Nel secondo caso il giorno è più breve della notte, siccome è più corta la rimanente porzione del se-

condo filo applicata a quell' altro mezzo popone, e questa è l'immagine del nostro inverno. Ma per un medesimo di i due mezzi poponi ci danno a conoscere che i nostri antipodi han sempre la stagione contraria alla nostra, e che il loro giorno uguaglia la nostra notte, e viceversa.

597. Due paesi diametralmente opposti si chiamano *antipodi;* perciocchè quivi gli uomini hanno le piante de' piedi gli uni contra gli altri; e pur son diritti ugualmente (36, 49). Gli abitatori di Lima nel Perù sono antipodi con quelli di Siam nelle Indie. Pekino è antipodo di Buenos Ayres, e così discorrendo.

598. Degli antipodi l'orizzonte è il medesimo; se non che ciascun vede il rovescio relativamente all' altro. Per l'uno si levano gli astri, quando tramontano per l'altro. Quel dì ch' è il più lungo da una parte, è il più breve dall' altra. La mattina di qua è la sera di là; il mezzodì dell' uno è la mezzanotte dell' altro.

599. In cambio d' un popone potete adoperare una palla, qual più vi piaccia, segnando in essa due punti diametralmente opposti per figurare i poli, e facendo il resto come sopra. Se applicherete alla palla una striscia di carta, che vada dall' equatore ad un polo, e questa striscia dividerete con linee trasversali in novanta parti uguali, dei paralelli diurni che il sole apparentemente descrive nel corso di un anno, il più lontano dall' equatore sarebbe quello il qual fosse distante 23 1/2 di quelle parti, così di una banda come dall' altra dell'equatore medesimo. In tal situazione adattando il secondo filo, acquista il nome di *tropico*, e dicesi *boreale*, tra l' equatore ed il nostro polo; *australe,* tra l'equatore ed il polo antartico.

600. Or cingete la palla con un filo, ogni cui punto sia lungi dal polo 23 1/2 delle anzidette parti: esso filo terrà sembianza del cerchio, il qual dicesi *polare*. Gli abitatori fra questo filo ed il polo hanno uno o più giorni, o mesi di presenza continua del

sole, senza ch' ei nasca o tramonti. Tale prerogativa si stende ben 30 miglia di qua dal cerchio polare tutto d' intorno, a cagion delle rifrazioni (183). Entrando a fender la palla per metà, da un punto posto fra un tropico e l' equatore, il filo del tropico rimane intero, e rappresenta il giorno senza notte, per quei tempi ne' quali il sole si trova in quello o negli altri fili paralelli che dal taglio non sarebbero recisi.

601. Se tagliate il popone o la palla per la cintura equatoriale, posando quelle metà sulla tavola, dalla banda piana della sezione, ciascun polo siederà nel culmine della metà rispettiva. Cotal posizione si denomina la *sfera paralella*, poichè un abitante al polo, se ve ne fosse, vedrebbe le stelle aggirarsegli intorno, tenendo sempre un' altezza medesima dall' orizzonte, cioè descrivendo cerchi paralelli all' orizzonte, il qual si confonde e identifica con l'equatore.

602. La fascia di superficie terrestre, racchiusa fra i tropici, è detta la *zona torrida*, poiche gli abitanti in quella, due volte all' anno mirano il sole a perpendicolo nel meriggio sul loro capo. Le due fasce, abbracciate da un tropico e dal più prossimo cerchio polare, si appellano le *zone temperate*, imperocchè i viventi in quelle, come siam noi, sono sferzati sempre obbliquamente, e per ciò con minor veemenza, dai raggi solari, senza esserne privi nè percossi 24 ore continue giammai. Finalmente i berrettini, compresi tra ciascun polo ed il rispettivo cerchio polare, portano il nome di *zone glaciali*, perciocchè il dimorarvi soggiace ad uno o più giorni o mesi di notte continua; per la qual cosa il freddo vi regna più intenso, e i ghiacci, quasi per tutto, sono perpetui.

603. La differenza delle stagioni nasce per tanto dalla disuguaglianza fra i giorni e le notti. Dove questa è maggiore, maggiore è il divario dal massimo freddo al massimo calore. Tale proposizione si deve per altro intendere a circostanze pari, giac-

chè qualità ed elvatezza del suolo hanno gran parte nella temperatura. Sulle coste d'Africa, comechè poste nella zona temperata, pur ferve il caldo più che tutt' altrove, a cagion che le sabbie se ne impregnano troppo più che non fanno i monti, le acque e le foreste; ed a causa che s' alzano poco dal livello del mare. Quant' è più bassa una piaggia, tanto più corpi eminenti ha d' intorno, che sovr'essa riverberano i raggi solari. Ora il caldo è proporzionato alla quantità di questi; nè altro è il motivo del freddo che sentesi crescere da chi sale sulle montagne. Nel Canadà, la cui posizione geografica è appresso a poco quella di Francia, laonde l'alternativa de' giorni e delle notti vi serba lo stesso tenore, ciò nondimeno il freddo è notabilmente più acuto, per essere quelle regioni americane più ingombre da boschi, men coltivate, men popolose, più paludali; e così Quebec, ancorchè costituita nel paralello di Venezia, soffre gli algori della Lapponia. All' incontro, Quito, che giace nel cuor della zona torrida, pur gode di primavera perpetua, poichè s' erge ad un miglio e mezzo dal livello del mare, la presenza del sole non passa mai le ore dodici, ed è mitigata dalla vicinanza di montagne maggiori, vestite mai sempre di neve.

604. Or fia ben fatto esplicare il motivo per cui non suole il freddo essere il massimo nel preciso tempo delle notti più lunghe, nè il caldo essere il massimo nel preciso tempo delle più prolisse giornate. Ad intender ciò facilmente, osservate, qualmente in qualunque giorno di qualsivoglia stagione (posti da banda gli accidenti straordinari), il minor caldo è al levar del sole, il massimo all' ora nona ecclesiastica (474), val a dire ai tre quarti della giornata; il medio la mattina alla quinta parte del giorno, e la sera poco avanti l' occaso. Al contrario, considerando il calore proporzionato all' altezza del sole, parrebbe che il massimo regnar dovesse al mezzodì, ed il minimo al a mezza notte, allor quando è maggior l'abbassa-

mento e la lontananza del gran luminare dal nostro orizzonte. La causa degli accennati ritardi consiste in questo: che un certo spazio di tempo abbisogna perchè i corpi s'impregnino del calore de' raggi solari, e perchè se ne spoglino.

605. A quel modo che se ad un cocchio tirato da un cavallo s'aggiunga un altro destriero anche più debole, il corso si accelera, parimente se a' raggi, che sono i più gagliardi nel mezzodì, sopraggiungano altri, anche meno cocenti, il calor generato dai primi deve aumentarsi. Imperocchè svapora esso in vero continuamente da' corpi, ma tuttavia dee pur crescere per virtù de' raggi sopravvegnenti, infino a tanto che questi ne infondano più di quello che esala. Così per l'appunto va la bisogna sin verso all' ora nona, secondo la testimonianza del termometro. Or se ai primi già stanchi altro palafreno si accoppj, il qual sia di tal forza quanta ne va dicrescendo, in quelli rimarrà la carriera qual è senza farsi più rapida nè più lenta. Similmente sull' ora nona, per essere i nuovi raggi di tal calore dotati, quanto in quel torno l' evaporazione disperde, perciò la caldezza, sospinta al grado massimo dalle precedenti addizioni successive, convien che allora cessi di crescere. Ma non guari andrà che se ai corridori vie più spossati un altro venga appaiato di sì gramo vigore che a compensar non vaglia il perduto dai primi, non solamente la velocità non potrà ricrescere, ma nè men mantenersi, e per conseguente dovrà infievolire. Per simil modo, i raggi che van dopo nona soprarrivando, non essendo forniti di tanto calore quanto dalla svaporazione consumasi, è forza che il caldo progressivamente sminuisca. E come durante la notte cessa il venire de' raggi e non cessa l' esalazione del calore, così il calor minimo sederà verso il nascer del sole.

606. Quello che s' è sminuzzato avvenire nel corso di 24 ore, sarà facile adesso applicare ai periodi delle stagioni. Nel principiar dell' inverno, dopo il

mezzo dicembre, è ben vero che la possanza de' raggi solari è la minima, sì perchè vengono in minor copia a cagione de' giorni più brevi, ma insino ad un certo dì nel gennaio (dì che non è lo stesso in differenti climi dov' è diversa l' altezza meridiana del sole), il vigore crescente de' raggi consecutivi non basta a riparare le perdite del contemporaneo svaporamento. Per conseguente il freddo seguita a ingagliardire, e il massimo oscilla, nelle regioni a me note di Mòdena e di Verona, d' intorno agli 11 di gennaio. Similmente al solstizio di giugno, allorchè l' ardore, de' raggi solari è il più veemente, ed insieme il più diuturno per la lunghezza delle giornate, non però accade che sentasi la più intensa caldezza, la quale ondeggia piuttosto d' intorno ai 17 di luglio. Imperocchè la notturna esalazione non essendo tanta, innanzi a quest' epoca, quant' è il diurno incremento che arrecano i nuovi raggi, quindi è che il caldo prosegue a crescere. Deono bensì i prefissi tempi del massimo freddo e del massimo calore, pigliarsi largamente, quali epoche mezzane fra certi estremi, a cui vengono trabalzate da tenor vario di venti di pioggie, o d'altre meteore.

607. Dalle cose dette si rende chiaro che se per noi, dimoranti fra l'equatore ed il polo artico, prende cominciamento la state allor quando osserviamo il sole nel tropico boreale (599), e l' inverno quando veggiamo il sole nel tropico australe; per converso le genti stanziate fra l' equatore ed il polo antartico, debbono sempre aver le stagioni opposte a quelle che regnano nell' emisfero settentrionale, poichè il sole è basso di là quand' è alto di qua, e viceversa. Inoltre se la distanza dall' equatore è uguale, la lunghezza del giorno da una banda pareggia quella della notte dall' altra; la terra Magellanica e la Nuova Zelanda sono in questo caso per rispetto alle nostre regioni.

608. Or fa mestieri ben intendere come succeda in virtù del moto annuo della terra, che il sole ci

appaia rispondere a paralelli diversi da un giorno all' altro. Quando il vedete spuntar la mattina dall' orizzonte, fate supposizione che quivi rimangasi fermo, e che intanto la terra cammini verso la plaga di mezzogiorno, la qual vi sta sulla destra; non avrete difficoltà a concepire che in simil supposto quei punti terrestri, cui sembra or ora toccare il gran luminare, da lui si stacchino, ed altri, ch'erano prima sulla sinistra da esso, subentrino nell' apparente contatto. Ma ogni punto diverso nell' orizzonte terrestre appartiene ad un paralello diverso, siccome potete ocularmente apprendere dai mezzi poponi adagiati sopra la Tavola. Adunque il moto annuo della terra ci fa vedere il sole rispondere a paralelli continuamente diversi. Che se dicemmo altra volta (519), la direzione di cotal moto esser piuttosto verso occidente, non perciò l' una frase discorda dall' altra; poichè allora l'osservatore era volto al sud; e così sempre il moto succede alla destra di chi riguarda il sole.

609. Direte bensì, che quest' astro non riman fermo nell' orizzonte conforme alla supposizion testè fatta. Ma vi ricordi aver noi dimostrato (Cap. XIV), non esser quel moto, ond' ei s' alza dall' orizzonte, altro che un' apparenza, nascente dalla rotazione continua del nostro globo. Gode poi questo d' un altro moto, che è quello di traslazione o sia annuo (Cap. XVIII), in virtù del quale, intendeste or ora, mutarsi incessantemente il pararello del sole. Da ciò proviene, che quella circolazione diurna, ch' ei sembra descrivere intorno a noi, non è veramente un cerchio, ma piuttosto una spira, simile a quella delle viti, nella quale egli passa nel corso d' un giorno da un pane al contiguo. Quindi si fa diversa ogni dì l' altezza meridiana di lui: la maggiore genera più brevi le ombre de' corpi; la minore più lunghe: dal che può comprendersi adesso, e riman così soddisfatta la nostra promessa (441), per qual maniera il variar dell' ombre derivi dal moto con cui la terra gira in un anno d' intorno al sole.

610. Rimane da adempiere l'altra parte della citata promessa, facendo capire come il ritorno dell'ombra stessa costituisca l'anno tropico piuttosto che il siderale. L'anno tropico di un pianeta, e perciò della terra eziandio, è quel tempo cui spende ciascuno a tornare, mentre gira d'intorno al sole, al medesimo punto equinoziale (421). L'anno sidereo si compie quando il pianeta ritorna allo stesso punto del cielo donde partì (436). Fra questi due tempi passa una comunque tenue differenza, imperocchè il punto equinoziale retrocede (421), e, per conseguente, la terra lo incontra prima di terminare l'anno sidereo. Di questo fenomeno, il qual si chiama la precessione degli equinozi, tratteremo a suo luogo ampiamente. Or diremo soltanto, che il moto annuo del nostro globo non ha in sè ragion di mutare minimamente la direzione dell'asse, cioè della linea retta che andasse da un polo all'altro; di maniera che questa dovrebbe sempre rimaner paralella con sè medesima. Ma le attrazioni del sole e della luna fanno sì, che quel paralellismo si sconci alcun poco, e l'asse vada piegandosi del continuo lentissimamente, per guisa che nel corso d'anni ventiseimila ogni polo descriva un cerchio uguale al polare (600). Torcendosi l'asse, s'inclina di conseguenza l'equatore, il qual rassomiglia ad una ruota, di cui quello sia il mezzo. Quindi nasce che il piano dell'equatore, mentalmente prolungato ne' cieli, rincontra il sole più presto che non farebbe senza quel torcimento. Or la terra è nel punto equinoziale quando in tutta la sua superficie il giorno è uguale alla notte (595). Allora ogni paese vede il sole nell'equatore, e per conseguente l'altezza meridiana di lui è la stessa in ogni equinozio, da poi che i poli e la linea non cangiano punto la loro situazion relativa, sebben si muti quella del globo intero per rispetto al sole. Le ombre son dunque uguali in ogni equinozio, e la loro uguaglianza per ciò s'accorda con l'anno tropico; nè può concordare col siderale, il quale è più lungo (453).

611. Senza la tardanza del massimo freddo e del massimo calore, dichiarata sopra (606), sarebbe stato conveniente collocare il mezzo delle stagioni ne' solstizi e negli equinozi, non già il principio come fu fatto. Incomincia per tanto, di comune consenso, la stagione del verno, nel nostro emisfero boreale, ai 21 dicembre; nel qual giorno l'altezza meridiana del sole è la minima. Dovrebbe il freddo essere allora nel colmo, senza l'indugio summentovato; ma per non essere questo uguale per ogni dove, perciò il principio del verno reale non è veramente contemporaneo ne' paesi tutti del medesimo emisfero. Cade per certo avanti il 21 dicembre; ma per la diversa quantità de' giorni antecedenti, ed inoltre per la grande incostanza delle meteore, non essendo possibile stabilire un'epoca comune che fosse giusta, fu adottato generalmente il dì del solstizio (441), affinchè, se non altro, il cominciamento delle stagioni corrispondesse a' fenomeni astronomici determinati. Ne venne che il principiar della primavera dovesse portarsi al dì 20 marzo, che è quello dell'equinozio, quantunque la temperie mezzana prenda a regnar giorni prima. Vaglia lo stesso discorso relativamente all'esordio della state, adattato al solstizio del dì 21 giugno; ed a quello dell'autunno, situato nell'equinozio del 22 settembre.

612. La differenza d'un giorno, che accade talvolta nell'ingresso delle stagioni, il qual deve sempre coincidere coi fenomeni, dipende dal dì intercalare che aggiungesi negli anni bisestili. È poi da notarsi, che da' 20 marzo a' 22 settembre passa intervallo di giorni 186; laddove da' 22 settembre a' 20 marzo il quantitativo de' giorni compresi è soltanto di 179. Laonde negli anni comuni (465), le stagioni di primavera e d'estate durano insieme sette giorni di più che non quelle d'autunno e d'inverno. È causa di ciò la maggior lentezza del moto annuo nelle prime, al paragone con le ultime; siccome abbiam dichiarato (402).

613. Nella zona torrida non v' è quasi varietà di stagioni (603). Bensì tutte sentirsi possono in un dì medesimo, con alzarsi più o meno dal livello del mare. Nelle pianure e nelle valli il calore è estremo. All' altezza di verso a due miglia, la temperie è dolcissima. Elevandosi un miglio ancora, si trova sulle montagne la neve perpetua ed il freddo insopportabile. Gli abitanti di questa zona vedono il sole, una parte dell' anno da banda di tramontana, e la rimanente parte da banda di mezzogiorno.

614. Coloro che fanno dimora lungo la linea, rimirano tutte quante le stelle del cielo, là dove nella sfera obbliqua rimangono occulte quelle che fan corona al polo depresso, ed infino ad una certa distanza. Consiste questa in tante delle 90 parti divisate sopra (599), quanti sono i gradi di latitudine d' ogni paese. Potrete riscontrar ciò sul popone tagliato secondo la sfera obbliqua.

615. Come poi l' ineguale lunghezza dei giorni proviene dal variamento dei paralelli su cui grada il sole continuamente; e come ci ritorna due volte l' anno in ogni paralello, cioè quando ascende, nel corso d' inverno e di primavera, dalla minore alla massima altezza meridiana, e quando ritrocede e discende, nel girar della state e dell' autunno, dalla massima alla minima, così ogni giorno ha il suo pari in durata, e per la stessa ragione ogni notte. Sono, a cagion d' esempio, d' egual tirata, il dì 2 febbrajo e il dì 7 novembre; il 18 marzo ed il 25 settembre; e così ogni altra coppia di giorni, ne' quali il levar del sole succede nell' ora e minuto medesimi, laonde sì fatte coppie ciascun può da sè rinvenire nell' Almanacco da noi pubblicato gli anni decorsi. Inoltre ad ogni coppia di giorni uguali corrisponde una coppia di notti altrettanto lunghe di quelli. Verbigrazia, le notti dei 30 aprile e degli 11 agosto abbracciano ore 9, min. 46; cioè tante quante il dì 2 febbrajo e il dì 7 novembre. Finalmente in tutti i paesi situati sul medesimo paralello, lo stesso giorno è d' ugual

durata, per quanto sieno remoti l'uno dall'altro. Perciò la Spagna ed il Giappone, Napoli e Pekino, son per tal capo a stessissima condizione.

616. Abbiamo riconosciuto (402), la terra esser più vicina al sole nel verno che nella state. Benchè il divario oltrepassi i due milioni di miglia (591), pur non produce che un quindicesimo circa d'intensità maggior della luce sul fin del dicembre, che al compier di giugno. Ella tien la ragione inversa (209) nei quadrati delle distanze; laonde la forza o la copia dei raggi nel soltizio d'inverno, relativamente a quella nel solstizio di state, sta come il quadrato di 1017 al quadrato di 983, negligendo i numeri susseguenti (597). Dall'altra banda è cosa indubitata che il fervore dei raggi tanto è maggiore, quant'è maggiore l'altezza meridiana del sole; giacchè la tardanza del caldo massimo esposta (606) dipende dall'accumularsi quello dei giorni successivi al solstizio, non mai dall'esser più grande il calor intrinseco de' raggi verso il 17 di luglio, che circa il 21 di giugno. Ben si può conchiudere che le varietà di caldezza cui proviamo, dipendono massimamente dalla diversa inclinazione de' raggi solari, e dalla differente lunghezza de' giorni. Di fatto ha potuto *Bouguer* con esperimenti scoprire, che l'intensità della luce è minore 1354 volte, al levare od al tramontare del sole (quando in vero i nostr'occhi non temono d'affissarlo) di quel che quand'ei fosse allo *zenit* (10), dove accade mirarlo agli abitatori della zona torrida.

617. Niuno è che non abbia talvolta veduto i rimbalzi che fa sull'acqua una pietra scagliata di sghembo. Per simil modo la luce, quando ferisce l'atmosfera obliquamente, risalta in parte e non entra. Quella poi che penetra e passa, non giunge tutta alla superficie terrestre. Imperocchè la crassizie de' vapori ne imprigiona ed arresta non poca: e sì fatta usurpazione tanto è iterata, quant'è più lungo il viaggio della luce per l'atmosfera, cioè (168) quant'è mag-

giore l'obbliquità dei raggi. Inoltre, a misura che il giorno, o sia la presenza del sole, persevera davvantaggio, vie più cresce sempre la moltitudine de' raggi che sopravvengono. Componendo le cause esposte, inferisce il *Mairan* da computi d'approssimazione, il calor della state nel clima di Parigi (il qual non si scosta notabilmente dal nostro) essere diciasette volte maggiore di quello del verno.

618. Nè in ciò convien comparare i gradi del termometro, siccome quelli che non misurano e non manifestano il calore assoluto. Se fosse possibile di spogliare il mercurio d'ogni calore, allora conosceremmo a qual segno del termometro corrisponda il principio del calore. Al presente i gradi del freddo su questo istromento non sono altra cosa che gradi di caldo minore. Il freddo assoluto non esiste: ci sarebbe la cessazione totale d'ogni vita e d'ogni moto. Quel freddo che sentiamo non è altro che diminuzion di calore. È riuscito ai chimici congelare il mercurio, e ridurlo in massa solida. Allor si vide abbassato nel termometro di Réaumur a 592 gradi sotto lo zero. Cotal freddo terribile, operato artifizialmente a Pietroburgo, quanto supera mai quel di sei a sette gradi, che ci riesce sì aspro ne' nostri verni? Pur s'ingannerebbe d'assai chi credesse che il mercurio indurito sia privo di ogni calore. *Mairan* argomenta; che la total privazione andrebbe a mille gradi; *Buffon* la porta a diecimila: l'ignoranza del termine è dimostrata. Ma pongasi ai mille solamente; in tal caso il calore assoluto e massimo nella nostra state, sarebbe 1028 circa, quello minimo nel verno 994. Or 1028 è ben lungi dall'essere 17 volte maggiore di 994.

619. Perciò dei 994 gradi non puossi attribuir se non 2 alla forza de' raggi solari, e quindi 34 nella state. Per conseguente i rimanenti 992 appartengono al globo terrestre in sua proprietà. In qualunque supposizione è mestieri ammettere che la terra abbia in sè stessa un deposito enorme di calore; e chi

vuole un fuoco centrale, un nocciuolo ardente smisurato; chi crede ogni particella della massa terrestre interiore, dotata di fuoco quivi stagnante. Sia comunque si voglia, quei 992 gradi non possono credersi generati dal successivo impregnamento de' raggi solari; altrimenti bisognerebbe che l'interno calore del globo andasse crescendo continuamente; il che è troppo contrario all'esperienza, veggendosi nei sotterranei profondi star sempre costante il termometro ne' 10 gradi.

620. Scaldando il sole sette giorni di più (612) l'emisfero boreale che non l'australe, ne segue che i ghiacci del polo antartico si distendono a doppia distanza di quelli dell'artico. Delle 90 parti indicate sopra (599), le prime 10, tutt'all'intorno, partendo da questo polo, sono il confine de' ghiacci estivi; là dove il capitano *Cook* gl'incontrò in lontananza di 20 di quelle parti dal polo antartico; ma l'Olandese *Barentz*, che indugiò dopo il colmo della state, rimase rinchiuso più e più mesi col suo vascello in distanza di 14 di quelle parti dal nostro polo.

621. Vengo adesso a distinguere i climi, almeno in parte, per non far troppo lunga e poco utile diceria. Il paralello, ove il giorno più lungo è di 13 ore, traversa le isole Antille. Quello delle ore 14 passa per Alessandria d'Egitto. Le ore 15 spettano a Barcellona, a Terracina: da questo clima per pochi minuti si scostano, una in meno, altra in più Costantinopoli e Roma. Il paralello delle ore 15 1/2 tragitta per Lione, Milano, Verona, Venezia. Il più lungo giorno in Modena abbraccia ore 15, min. 22. Ma in tutte queste determinazioni è negletto l'allungamento che nasce dalle rifrazioni (182). Il paralello delle ore 16 corre per Ratisbona, Metz, poco sopra Parigi, e travalica il Canadà. Sotto il clima delle ore 17 giacciono Danzica Wilna. Londra è di mezzo fra gli ultimi due. Le ore 18 appartengono alle isole Orcadi, a Lunde in Norvergia, a Tobolsk in Sibe-

ria. Le 19 alla Baia di Hudson. Le 20 a Drontheim di Norvegia, all'isola Clerke nell'America Settentrionale. Il paralello delle ore 21 trapassa per Arcangelo di Russia, per la Groelandia; quello di 22 per Tornea nella Svezia, per l'Islanda. Le ore 23 e 24 toccano a luoghi poco noti. Vengono dopo i paralelli de' mesi. Ponoi di Russia vede il sole, che mai non tramonta per un mese continuo; Altengar di Lapponia per mesi due. I 3, i 4, i 5, e i 6 mesi di presenza non interrotta del gran luminare accadono in terre probabilmente disabitate, e ne' ghiacci polari.

E tanto vaglia per un' idea sufficiente delle stagioni e dei climi.

CAPITOLO XXV.

Delle Carte Geografiche.

622. Termineremo d'espor quanto insegna l'astronomia, relativamente al globo terrestre in particolare, favellando delle carte geografiche. Ciò che concerne gli effetti delle attrazioni reciproche de' corpi celesti, sarà un argomento generale per tutti i pianeti, tra i quali s'è visto doversi anche la terra annoverare.

623. Nelle carte *geografiche*, cioè descrittive la superficie terrestre, si rappresentan le parti più dignitose di essa; val a dir le città e le borgate principali, il corso de' fiumi, le catene di montagne, ecc. Ma il foglio essendo piano, e la terra prossimamente rotonda, non è possibile in quello che sieno esatte le distanze da luogo a luogo. Pigliate una palla, e tentate vestirla con un foglio di carta. Tosto v'accorgerete che senza ripiegarlo qua e là non verreste a capo di farlo combaciare con l'esterior della palla. Tanto potrebbe accadervi ciò, appresso a poco, se una piccola parte solamente vi bastasse coprire; da poi che un breve tratto di superficie rotonda diversifica appena dalla pianezza.

624. Il più antico geografo di cui ci rimanga tradizione, fu Anassimandro di Mileto, il qual visse sei secoli innanzi l'Era Volgare. Credesi autor tutt'al più d'una delineazion della Grecia. Basti commendare il pensiero, giacchè l'esecuzione, senza il soccorso d'osservazioni astronomiche, non poteva esser che imperfettissima. Corsero quasi quattro secoli avanti ch'entrasse in mente ad Ipparco l'idea felice di valersi della longitudine e della latitudine (532, 533) a determinare la situazione di ciascun luogo terrestre, a quel modo che avea già tenuto per delineare il cielo e le posizioni degli astri. Se non che sì eccellente divisamento, il qual rese scienza la geografia, soggettandola all'astronomia, rimase sterile quasi per altri due secoli, eziandio nelle mani di Possidonio e di Marino Tirio, sin a tanto che Tolomeo lo adottò in atto pratico, e lo ridusse a precetti di costruzione geometrica.

625. Siccome a quei tempi le regioni conosciute stendevansi molto più da levante a ponente, che da tramontana a mezzogiorno, così le distanze pel primo verso appellaronsi *longitudini*, quelle pel secondo *latitudini*, stante che nelle dimensioni de' corpi suol chiamarsi *lunghezza* il lato maggiore, *larghezza* il minore. Quindi le differenze di latitudine si misurano sopra linee tirate da un polo all'altro, e le differenze di longitudine sopra linee paralelle all'equatore. Ogni linea che vada da un polo all'altro sul globo terrestre artifiziale, è un circolo, il qual si denomina *meridiano* (516), o pur anche *cerchio di latitudine*. Tal fatta di linee tagliano i paralelli perpendicolarmente, siccome ognuno può raffigurarlo sul popone ricinto (592). Ciascuna di quelle intersecazioni determina un punto preciso e distinto da qualunque altro, nella superficie terrestre. E poichè per qualsivoglia punto della medesima si può intender che passi un paralello, e così anche un meridiano, perciò non v'ha luogo sulla terra, il qual non possa situarsi e segnarsi convenevolmente sopra una

carta, qualora si sappia in qual longitudine ed in qual latitudine consista.

626. La latitudine esprime, in gradi, minuti, ecc., la distanza d'un paese dall'equatore (532); i quali gradi son quelle 90 parti che si divisarono (599). La longitudine si misura sull'equatore; per il che fa mestieri eleggere in esso un punto, dal qual cominciare il novero dei 360 gradi, costituenti la circonferenza d'un cerchio (529). Chiamasi quindi *primo meridiano* quello che passa per quel punto. L'arco dell'equatore, che separa il *primo* da qualunque altro meridiano, esprime in gradi, ecc., la longitudine de' paesi sottoposti al meridiano testè nomato *qualunque*. Gl' Inglesi hanno adottano per *primo* il meridiano in cui giace l'osservatorio di Greenwick; i Francesi quello che passa per la specola principale di Parigi: maggiormente usitato era quello altre volte, il qual cade sulla punta più occidentale dell' Isola del Ferro, la più a ponente tra le Canarie; ma come quivi non è osservatorio che accerti e distingua tal posizione, perciò debb'essere di necessità abbandonato. Qualunque meridiano si faccia primo, quando la scelta è nota, non reca danno. Certo sarebbe desiderabile che tutte le nazioni assumessero il medesimo meridiano per primo: ma questa concordia non è cosa umana.

627. Adunque per disegnare una carta geografica è d'uopo saper longitudine e latitudine d'ogni paese che voglia collocarsi nel giusto sito, corrispondente a quello ch'egli occupa sulla terra. Le carte geografiche d'ordinario sono costruite per modo, che l'alto del foglio comprende le regioni verso tramontana, il basso quelle verso mezzogiorno, la parte destra quelle a levante, la sinistra quelle a ponente. Qualche volta, e massime quando la carta non è disposta a quel modo, i quattro punti cardinali sono indicati da una *rosa,* dove la freccia addita il norte. Quelle linee, rette o curve, che vengono d'alto in basso figurano i meridiani; quelle che da sinistra

tragittano a destra, rappresentano i paralelli. La divisione dei primi in gradi si legge ne' margini laterali della carta; queste sono le latitudini: la division dei secondi ne' margini superiore ed inferiore; e queste sono le longitudini.

628. S'è veduto (70), per qual maniera si possa delineare la carta topografica d'una provincia, ed anche d'un regno. Ma bisogna sempre partir da due punti almeno (66), la cui posizione sul nostro globo sia stata determinata per mezzo d'osservazioni celesti. Senza interrogare le stelle, è impossibile saper dove siamo precisamente sopra la terra (59). Quindi è verissimo la geografia essere scienza vana (624) qualor non abbia per base l'astronomìa. Quant'è più esteso il suolo abbracciato dalla carta, tanto maggior si richiede il numero de' punti determinati astronomicamente. Gl' intermedi si posson dipoi frapporre col mezzo di operazioni geodetiche (70).

629. Or vediamo come facciano gli astronomi per venire in cognizione della latitudine, e della longitudine, d'un dato punto terrestre. Per riguardo alla prima osservano un astro di posizion conosciuta; ordinariamente il sole (458) od una stella (502); e l'osservano all'atto della culminazione (162), val a dir del suo transito pel meridiano. Eleggono tal momento, a cagione che allora l'altezza dell'astro dall' orizzonte persevera costante per quattro minuti circa; siccome s'è dimostrato (459) rispetto al sole, e si avvera nel modo stesso per qualunque astro, eccettuata soltanto la luna; perciocchè l'orto, l'occaso, e la culminazione non accadono per moto proprio degli astri, ma sono apparenze comuni a tutti, siccome figlie di causa unica, cioè della rotazione della terra. La luna poi turba cotesta apparenza, mediante il suo moto proprio per direzione diversa: là dove quel dei pianeti per la maggior lontananza, non è sensibile a segno da generar errore.

630. Osservano dunque gli astronomi di quanti gradi e minuti sia la maggior altezza (162) d'un

astro dall' orizzonte. Pigliano la differenza fra questa altezza, e la declinazione che già conoscono dell' astro; tal differenza è l'altezza dell' equatore dall' orizzonte: esplichiamo i vocaboli. Appellasi *declinazione* la distanza di un astro dall' equatore. Se tagliate il popone (601) per la cintura equatoriale, e vi immaginiate che il piano del taglio si stenda nei cieli, potrete concepir terminato quel piano da una circonferenza grandissima, il cui centro sia quello stesso del popone o sia del globo terrestre, e la quale potrà chiamarsi l'equator celeste. A raffigurarlo ne' cieli nella sua giusta collocazione, basta situare in guisa il mezzo popone, che la dirittura, o la linea mentale dal centro al polo, continuata quanto si voglia, vada a colpire il polo celeste, cioè quel punto d' intorno al quale giran ciascun di tutti gli astri del firmamento; quel punto che sta discosto quasi due gradi dalla stella polare. Quando avete immaginato l' equatore celeste, ch' è un cerchio immobile, potete facilmente comprendere il significato della declinazione degli astri.

631. Ella è quella stessa cosa, che nella superficie terrestre si nomina latitudine. Figuratevi che la terra s' ingrossi egualmente per ogni verso, e cotanto da toccare una stella. Quell' arco della nuova superficie terrestre, il qual separasse la stella dall' equatore, sarebbe appunto la declinazione. Quando un paese, od un astro giacciono fra l' equatore ed il polo artico, allora la latitudine del paese e la declinazione dell' astro si dicono *boreali*, o vero settentrionali. E si dicono *australi* o vero meridionali, se il paese o l' astro giacciono in vece fra l' equatore ed il polo antartico.

632. Al presente ciascuno dovrebbe potere intendere che la differenza fra l' altezza massima d' un astro dall' orizzonte, e la sua declinazione, costituisce l' altezza dell' equatore dall' orizzonte. Avrete negli occhi ben chiara tal verità, rimirando il mezzo popone che adagiaste (594) sopra la Tavola. Il punto

di mezzo, nel più alto di quell' emisfero, è quello in cui siede l'astronomo osservatore: la Tavola è l'orizzonte di lui. Applicate al popone la striscia di carta, che abbiam divisa (599) in 90 parti, per la maniera, che l'una delle sue estremità tocchi appena il desco, l'altra il culmine dell' emisfero. Quante parti vedrete fra questo punto, ed il filo rappresentante l'equatore, tanti saranno i gradi della latitudine d'esso punto terrestre: quante dall' equatore alla Tavola, tanti i gradi d'altezza dell'equatore dall' orizzonte. Or questa è manifestamente la differenza fra l'altezza dello *zenit* e la latitudine, cioè fra l'intera striscia di carta, e la sua porzione interposta fra l'equatore e lo *zenit*. Considerate il popone ingrossato fino alle stelle (631), ed un astro in qualunque altro punto della striscia, fuor dello *zenit*; sempre riconoscerete, la differenza tra la distanza del nuovo punto dalla Tavola (che è l'altezza massima dell' astro dall' orizzonte) e la distanza del medesimo punto dall' equatore (ch'è la declinazione dell' astro) costituire l'altezza dell' equatore dall'orizzonte. Rinvenuta questa, l'astronomo ha tosto in mano quel che cercava, cioè la latitudine del punto terrestre, dal quale ha osservato l'astro, questa non essendo altro che il compimento di quella a 90 gradi.

633. Riman da trovare la longitudine di quel punto terrestre, del qual si è scoperta la latitudine. Cotesta ricerca è di somma importanza, non men per la geografia, che per l'astronomia e per la nautica. Ma somma è del pari la difficoltà d'ottener l'intento con ogni esattezza. Per lo che ragguardevoli premj sono stati proposti a chi suggerisce la via per cui vincer compitamente la detta arduità. Specialmente sul mare è di gran conseguenza ogni error che si prenda nell'inferire in qual punto del globo si trovi il bastimento, a quell' istante che l'astronomo, od il piloto a ciò esperto, osservano un astro, acciocchè la nave non vada a percuotere nelle secche, avanti che il capitano pur sappia d'averle vicine.

Or diciamo i principali mezzi che allo scoprimento delle longitudini si adoprano.

634. Abbiamo veduto (517) che i luoghi situati sotto meridiani diversi, contano al medesimo istante ora diversa. Consideriamo il momento nel quale ha principio un eclissi lunare, val a dire nel quale la luna incomincia ad entrare nell' ombra della terra. In tal atto primaio, la differenza dell' ora, che fanno gli orologi ben regolati di vari osservatori, dà a conoscere la distanza fra i rispettivi loro meridiani, val a dire la differenza di longitudine (532) fra i punti terrestri dove fu fatta l' osservazione. Lo stesso intervallo di tempo deve passare in ogni altra osservazione, cioè quando l' ombra perviene a contatto con qualsivoglia macchia della luna, quando il corpo di questa finisce d' immergersi nell' ombra della terra; e così parimente al cominciamento, come al finire dell' emersione di lui.

635. Cotal fatta d' osservazioni non godono l' essenzial vanto dell' esattezza; imperocchè l' orlo dell' ombra non è mai così bene affilato, così tagliente, che le osservazioni diverse sien veramente contemporanee. L' ombra densa del corpo terrestre è circondata da quella più rara, gradatamente sfumata, e sempre incostante, dell' atmosfera, la qual si trova or più or meno impregnata di vapori. Malagevole cosa è ben discernere il limite preciso delle due ombre. Il giudizio degli osservatori patisce quindi accelerazione od indugio circa il momento preciso degli accennati fenomeni. Ciò rende incerte, e non tanto poco, le differenze di longitudine ricavate dagli eclissi di luna.

636. Men grave conosceremo a suo tempo correre dubbietà nell' osservazione de' satelliti di Giove, allor quando dall' ombra di lui vengono eclissati; minor d' assai nelle osservazioni degli eclissi di sole; ma sopra ogni altro fenomeno deggionsi preferire le occultazioni di stelle, cioè la sparizione d' una stella, cui passa dinanzi la luna. Imperciocchè lo sparire

si fa in un batter d'occhio; e non altrimente il riapparire, allor quando la luna finisce col moto suo di toglier l'ostacolo del proprio corpo ai raggi che vibra la stella verso gli occhi nostri. Per conseguente non si può errare nè pur d'un minuto secondo sul tempo della sparizione, massime quando avviene per opera della parte oscura del disco lunare. È poi chiaro che simil sorta d'eclissi dipende dall'interposizione del corpo della luna fra le stelle ed il nostr' occhio; non mai dall'ombra del corpo medesimo, siccome quella che non arriva a grandissima pezza alla region rimotissima delle stelle. Or si faccia d'intendere per qual guisa intervenga, che da ogni luogo terrestre si vegga la luna coprir la stella in momento diverso.

637. Se a due persone *A*, *B*, sedute sur un canapè, passi dinanzi una terza *C*, a breve distanza, verbigrazia d'una pertica; quando la *C* toglierà all'*A* la vista d'una quarta persona *D*, adagiata rimpetto alle prime, ma lungi da esse per 10, o per 20, o più pertiche; la *B* continuerà pur a scorgere la *D* fino a tanto che la *C*, proseguendo suo cammino, impedisca anche a lei *B* la vision della *D*, restituendola insieme alla *A*. La sostanza è questa: che in quel momento nel quale il camminante incomincia a coprir la *D* per rispetto alla *A*, in quel momento non incomincia a coprirla per rispetto alla *B*. Per simil modo la luna, che si move, toglie la vista d'una stella, ch'è immobile, primieramente ad un osservatore, poscia ad un altro, secondo che sono situati diversamente. La differenza di tempo fra la due sparizioni conduce a conoscere, per mezzo bensì di prelissi dilicati computi, ma con ammirabile precisione, la differenza di longitudine fra le posizioni dei due osservatori. Ma di questa importante materia delle occultazioni tratteremo altrove ampiamente.

638. I vari mezzi che abbiamo indicati (634 a 637) giovano specialmente in terra, nella quale a tutto

agio si possono aspettare i fenomeni; e pochissimo in mare, nel cui seno il navigante ha bisogno, a qual momento che siasi, di saper subito dov' egli è. Quivi però si ricorre ad altri spedienti, senza comparazione più a mano; cioè all' altezza della luna dall'orizzonte, o vero alla sua distanza da una stella o dal sole; delle quali cose ragioneremo dopo che l' intralciatissimo movimento della luna sarà stato da noi discusso ampiamente. L' attual nostro soggetto non richiede la determinazione di punti marittimi, se non che nelle spiagge, dove l' astronomo opera sul terren sodo, come in ogni altro punto terrestre. Conchiudiamo frattanto, che le osservazioni d' un medesimo eclisse, fatte in posizione nota, ed in altre ignote quante si vogliano, sono possenti a svelare di tutte queste la longitudine rispettiva.

639. Quando si conoscano latitudine e longitudine di due luoghi, si ricava da computo infallibile l'arco terrestre che separa l'uno dall'altro, cioè la distanza tra di essi, espressa in miglia, in leghe, od altra misura. Ma i luoghi saranno bensì ottimamente situati in una carta geografica, nè però la distanza loro in quella quadrerà esattamente al computo ed alla verità, per la ragione già resa (625). In tal caso le scale di miglia o leghe, che trovansi spesso segnate sopra le carte, non vagliono a render note con precisione se non le brevi distanze, come sarebbero quelle di 100 miglia o poco più. A chi voglia desumere le maggiori più esattamente da una carta, gioverà meglio prender da questa le longitudini e le latitudini dei due luoghi, di cui cerca la lontananza reciproca, e investigarla, se il sappia, per mezzo del calcolo trigonometrico.

640. Detto a bastanza delle carte geografiche, le quali son destinate particolarmente a rappresentare la situazione de' luoghi terrestri, non lasceremo di far brevemente parola delle *carte nautiche* o *marine*, la costruzione delle quali è grandemente diversa, e che son dedicate a mostrare il contorno

dei mari, delle isole, banchi, ec. e la direzion de' venti per norma de' naviganti. Si fatte carte si dicono e sono, altre *piane* o *piatte*, altre *ridotte*. Le prime suppongono piana la superficie del mare, e non convessa, qual è realmente a cagione della rotondità del globo; inoltre in esse i meridiani sono tutti paralelli, nè vanno per conseguente ad incrocicchiarsi ne' poli, come vorrebbe la verità (530). Piantate su due menzogne tanto solenni, ognun si persuaderà facilmente che debban essere le più difettose immaginabili. Nacquero in fatti nella prima infanzia della nautica e della geografia; e la loro imperfezione, son già diciassette secoli che fu da Tolomeo rinfacciata a Marino Tirio. Al presente non si sopportano più se non quando comprendano poco vaste regioni (623).

641. Nelle carte ridotte i meridiani sono ancor paralelli; ma come la distanza che li separa, cresce vie più dal vero quant' è più vicino il polo (535), così l' umana sagacità ha inventato lo stratagemma di commettere altro errore, il quale ricompensasse il già detto or ora. In vece di suddividere i meridiani in gradi d' ugual lunghezza, siccome sono in effetto, si avvisò aumentarla progressivamente dall' equatore infino al polo, con quella proporzione, in cui sono maggiori del giusto i gradi de' paralelli adiacenti, val a dire la distanza fra i meridiani. Mediante questo artifizio si ottiene che i rombi di vento, sopra la carta, son linee rette siccome il sono nella rosa dei venti. *Rombo* significa direzione di vento, la qual nella superficie convessa del globo riesce linea curva, e si chiama *lossodromia*. Or questa importava che fosse diritta nelle carte rappresentanti la terra piana; imperocchè per tal modo i piloti pigliano il rombo indicato da quella linea, tenendo ferma l'inclinazione dell' ago della bussola relativamente alla retta medesima.

642. È ben vero che il riferito stratagemma deforma stranamente le situazioni respettive de' luoghi, ma

non impedisce l'esatta misura delle distanze, purchè si prenda in ogni quadretto della carta con una scala diversa, vale a dire corrispondente alla lunghezza del grado del meridiano compreso in quel quadretto.

643. La costruzione di queste carte, qual l'ho dichiarata, manifesta a bastanza i motivi per cui sono state denominate *carte ridotte*, o sia *carte di latitudine crescente*.

CAPITOLO XXVI.

Dell' Attrazione universale.

644. Abbiam, come credo, bastantemente mostrato (37 a 43, 47, 48, 96, 147, 370, 378), le particelle della materia attirarsi scambievolmente. E questo non solo nel globo terrestre, ma in ogni altro corpo celeste. Sia ora l'assunto di questo Capitolo soddisfare alla fatta promessa (43, 378), con far vedere che l'attrazione universale è la causa del moto e dell' equilibrio di tutte le moli che nuotano nell' immensità dello spazio, scoperta che devesi al più sublime degli umani ingegni, al Neutono.

Avanti però d'entrare in cotanta investigazione, stimo necessario liberare il Sistema neutoniano da qualche impugnazione che gli vien fatta.

645. Coloro che guardano la materia come sostanza meramente passiva, non sanno concedere azione d'alcuna sorta alle sue molecole: negano quindi che possano esercitare attrazione reciproca. Per trovar poi la causa della loro coesione ne' corpi solidi, e delle adesioni e separazioni nascenti da operazioni chimiche, sono ricorsi all' azione di fluidi esterni. E mentre negavano la causa prossima, cioè l'attrazione scambievole, supponevano fluidi d'esistenza non certa, e dotati di proprietà gratuite, sostituendo così due cose ignote in vece di una.

646. Inoltre, osservandosi nelle particelle di certi corpi, dove attrazioni, dove ripulsioni; quelle non

conformi, queste contrarie ai fenomeni ordinari dell' attrazione universale, fu conchiuso di negar questa, senza investigare le cause particolari, o di pressione e di attrazioni estrinseche, o del fuoco latente; le quali azioni superano e deludono (nelle piccolissime distanze) l'attrazione universale. Di fatto, bastandomi favellare dell' ultima causa, ognun sa che il calore dilata i corpi, o sia li fa crescere di volume (175), il che implica scostamento delle particelle componenti il corpo l' una dall' altra. Il fuoco, che investe ed anima tutti i corpi terrestri, è dunque cagion manifesta di apparente repulsione tra le loro molecole. Ma quest' apparenza non è valevole a negar l' attraimento scambievole d' esse molecole, quando basta ad ingenerarla, che l' azion del calore superi quella dell' attrazione. E, vaglia il vero, qual è la causa che unisce e consolida insieme le particelle d' un liquido che si congela? partir del calore no, poichè egli è assurdo che una privazione agisca. Bensì diminuendosi la causa repellente, il potere delle attraenti dee prevalere, e produce la coesione. Il mancare o l' indebolirsi della causa separatrice non può che lasciare le particelle nel loro sito, per non essere questa un' azione, ma un mancamento. Bensì d' un' azione è mestieri affinchè si accostino insieme: della qual non essendo nota altra causa, è assurdo l' escluder quella che lega insieme tutti i grandi corpi dell' universo.

647. Noi confessiamo in vero che quest' azione è misteriosa in sommo grado. Se l' attrazione è una proprietà della materia, qual creder la fanno tutti i fenomeni in grande della natura, come si può concepire che un corpo agisca sopra d' un altro, anche posto a distanza enorme, senza braccia che tocchino, senza istromenti che uniscano? Se quest' attrazione è un effetto di svaporamento e di slancio di effluvi del corpo attraente, come resta poi sempre uguale e costante la virtù attrattiva, malgrado il continuo disperdimento dell' evaporazione? È ella forse una per-

dita compensata incessantemente dalle attrazioni degli altri corpi? Ma di queste emanazioni, che nascer debbono per ogni verso, come intender che niente si perda nel vacuo de' cieli, vacuo infinitamente maggiore degli spazi occupati dai corpi celesti? Convien confessare che sì fatte difficoltà gittano lo spirito umano in totale ignoranza della causa primordiale de' fenomeni. Ma non si può negar, d' altra parte, che questi (eccettuando i minimi in cui altre cause s' implicano, e sono comprese sotto il nome di *affinità* chimiche), non segnano tutti una sola e medesima e perpetua legge.

648. Questa legge si esprime così: *La forza attrattiva della materia sta nella proporzione inversa dei quadrati delle distanze.* L' attrazione reciproca di due corpi è maggiore quando sono in distanza minore un dall' altro. Se crescessero insieme entrambe, la proporzione sarebbe diretta; ma crescendo una, mentre scema l' altra, ciò costituisce la proporzione inversa, già spiegata altre volte (209). Dicesi poi *dei quadrati*, e questo significa che, verbigrazia alla distanza d' un piede, l' attrazione è maggior quattro volte che alla distanza di due piedi. Se alla distanza d' un piede valutasi quattro gradi la forza attrattiva, a due piedi di distanza la quarta parte di forza, si osserva, cioè un grado solo. La prima forza sta dunque alla seconda come quattro ad uno; cioè come il quadrato della seconda distanza al quadrato della prima. Imperocchè il quadrato di un numero (183) non è altro che il prodotto nascente dal moltiplicare il numero per sè stesso. Ora 4 è il quadrato di 2, poichè moltiplicando 2 per 2, si raccoglie 4. Per la stessa ragione 1 è il quadrato di 1, poichè moltiplicando 1 per 1, si ottiene 1.

649. Riconosciamo pertanto la verità dell' accennata legge nei fenomeni più sicuri della natura. Abbiamo veduto (Cap. III) che la terra è schiacciata ai poli e rilevata all' equatore. Lo schiacciamento di miglia 11 e mezzo (87), e più minutamente (86) di

1/300, della distanza mezzana dal centro alla superficie, ricavato dalle misure de' gradi terrestri, non è in vero perfettamente concorde con la teoria neutoniana, la qual suppone la terra omogenea, cioè da per tutto uniforme nella sua densità, ed inferisce uno schiacciamento maggiore, che monta cioè ad 1/230. Ora la grande pressione, che soffrono gli strati successivi della materia terrestre a cagion del peso de' superiori, il qual cresce a misura che scema la distanza dal centro, sembra voler che la densità della materia si aumenti con la medesima gradazione. Anche da questa ragionevolissima ipotesi, della quale abbiamo un palmar documento (108) nell' aria atmosferica, Clairaut ricavò nè più nè meno, col mezzo di computi che mal possono soggettarsi all' intelligenza comune, che lo schiacciamento correlativo sarebbe del pari 1/230 del raggio medio terrestre, val a dire 15 miglia in vece degli 11 e mezzo che vengono somministrati dalle misure effettive.

650. Ma queste due quantità diverse possono agevolmente conciliarsi. Imperocchè se la stessa quantità di materia, che l' ipotesi neutoniana suppone distribuita equabilmente, s' intenda obbligata dalla compressione successiva di Clairaut ad occupare spazio minore, non sarà più lecito negare che lo schiacciamento di 11 e mezzo miglia, che osserviamo in realtà di fatto, possa equivalere allo schiacciamento neutoniano di 15 miglia; cioè non sarà più lecito negar che la terra, schiacciata per la quantità di 11 e mezzo miglia, contener possa, mediante la compression successiva, la stessa quantità di materia, che sotto lo schiacciamento di 15 miglia starebbe diffusa in lei tutta con uniforme densità. Ora essendo la forza attrattiva necessariamente proporzionale alla quantità della materia (45), saranno gli effetti dell' attrazione del nostro globo, schiacciato per 11 e mezzo miglia alla maniera di Clairaut, gli stessi affatto che produrrebbe lo schiacciamento neutoniano di 15 miglia. Potremo dunque, anzi dovremo, ne'

computi tutti relativi all'attrazione, considerare la terra come schiacciata per 15 miglia, cioè come se il diametro da un polo all'altro avesse al diametro dell'equatore la proporzione di 229 a 230. E dissi *dovremo,* poichè infiniti sistemi di densità eterogenea, diversi un dall'altro, e dell'ipotesi succennata di Clairaut, dimostra egli stesso possibili in fatto ed in natura, senza turbare la conchiusione del medesimo rapporto neutoniano fra i raggi.

651. Attenenendoci a questo rapporto, i terrestrì fenomeni proveranno la verità della legge (648) che ho assunta a mostrare. L'altezza che un corpo, abbandonato alla sua gravità, trascorre nel tempo di un minuto secondo ne' paesi dell'equatore e a livello del mare, è piedi parigini 15, 7 e mezzo centesime di linea, secondo esperienze superiori ad ogni eccezione. Ma quest'altezza è sminuita di 7 e mezzo centesime di linea dall'impeto della rotazione terrestre (296). La caduta sarebbe dunque piedi 15, pollici 1, linee 3, se la terra non avesse il moto rotatorio. Imperocchè volendosi valutare l'azion della gravità, troppo è necessario isolarla da ogni altra forza che agisca insieme. Or se dalla gravità all'equatore voglia dedursi quella al polo (nel qual punto (290) l'impeto della rotazione è nullo); adoperando la legge neutomiana, si avrebbe il seguente computo di regola aurea: Come il quadrato (185) di 229 al quadrato di 230, così la caduta nell'equatore in virtù della gravità, cioè piedi 15, pol. 1, lin 3, alla caduta ov'è il polo; la qual da ogni pratico d'aritmetica rinverrassi piedi 15, pol. 3.

652. Per sapere se la legge neutoniana colga nel segno, è mestieri ricorrere ad altro confronto che da essa non dipenda. Sappiamo (77) che la lunghezza del pendolo che batte i secondi, è proporzionale alla gravità. Dove questa forza è minore (52, 56), fa d'uopo aiutarla accorciando il pendolo. Le lunghezze nel pendolo, in diverse latitudini, osserveranno dunque la stessa proporzione che passa fra le altezze

delle cadute de' corpi, le quali cadute sono gli effetti corrispondenti alle cagioni, cioè alle gravità. Or la lunghezza del pendolo all'equatore e a livello del mare, è notissima e sicurissima (77). Bisogna in prima liberarla dagli effetti della rotazione, dicendo: Come la caduta per piedi 15. 7 e mezzo centesime di linea, nella terra rotante, alla caduta per piedi 15, pol. 1, lin. 3 nella terra immobile, così la lunghezza osservata del pendolo, nel primo caso, piedi 3, lin. 7, e centesime 7, di linea; alla lunghezza che spetterebbe al secondo caso, e che ogni mezzano calcolatore troverà piedi 3, lin 8, e centesime 74.

653. La differenza di queste due lunghezze è l'azion della rotazione, e consiste in linee 1, e centesime 67. A questa differenza si aggiungano linee 2, e centesime 38, che sono l'allungamento del pendolo dell' equatore al polo, nella terra rotante, allungamento effettivo, osservato e dedotto da esperienze moltiplici (77) indubitate. La total differenza nella lunghezza del pendolo, dall' equatore al polo, nella terra immobile, cioè per unico effetto della diversa gravità, consisterà in lin. 4, centesime 5. Se questa differenza pertanto si aggiunga alla notissima lunghezza del pendolo nell' equatore, cioè a piedi 3, lin 8, e centesime 74, dovrà il pendolo, che batterebbe i secondi al polo, esser lungo piedi 3, pol. 1, e centesime di linea 79.

654. Or vediamo se questa lunghezza combina con quella che si dedurrebbe dalla legge neutoniana, e diciamo: Come il quadrato di 229 al quadrato di 230, così il pendolo equatoriale piedi 3, lin. 8, centesime 74, al pendolo polare, che dal computo di questa regola del tre si ricava, piedi 3, pol. 1 e centesime di linea 59. L'errore di 20 centesime, che vagliono 1/5 di linea, in confronto del calcolo precedente. non deroga punto alla maravigliosa verità della legge neutoniana. Imperocchè le misure effettive delle lunghezze del pendolo non mai giungono a pareggiare l'esattezza matematica del calcolo,

ed inoltre vanno soggette ad alterazioni dipendenti dal calore e dal peso dell'aria; le quali alterazioni non possono mai valutarsi con esattezza parimente matematica.

655. Ma delle minime disparità, cui non lice evitar del tutto ne' terrestri esperimenti, dove le relazioni son troppo vicine, fa d'uopo cercar la riprova o la condanna ne' celesti fenomeni, in cui le disparate distanze non ponno lasciar occulta qualunque fallacia del principio di Newton. Pigliamo in prima a considerar la più prossima delle sideree moli, la luna. Non c'è avvenimento sì piccolo che porger non possa all'uom di genio la prima scintilla d'una grande scoperta. Si diportava il Neutono nel suo giardino sotto un bel chiaro di luna, quando un pomo, cadente dall'albero, fa in lui nascer l'idea d'indagare, quali sarebbero in quella gli effetti dell'attrazione terrestre, che aveva (45) tirato il pomo al suolo. I primi tentativi, per puro abbaglio di calcolo, andarono vani. Trascorso qualche anno, gli avvenne motivo di ripigliarli, nè l'esito più ingannò l'acutezza da' suoi presentimenti. Ma a penetrare con lui in quest' arcano della natura è mestieri far provvigione d'alcune dottrine attinenti alla scienza del moto.

656. La materia corporea è di per sè inerte, val a dir incapace di mutar luogo. Niun corpo inanimato si muove, se una forza estrinseca non vinca la resistenza che nasce dall'inerzia di lui. Se la forza è istantanea, il moto è sempre per linea retta; ogni palla di bigliardo è bastante a darne idea giusta, giacchè il moto proviene in tal caso da colpo istantaneo. Se la forza è continuata, e con direzione costante, ancora il corpo andrà per linea retta, ma con moto accelerato. Per esempio la gravità è forza continuata con direzione costante, poichè niun corpo tralascia mai d'esser grave; e se riman libero nell'aria, la direzione del suo cader tende sempre (48) verso il centro della terra; ma la sua velocità cre-

sce ad ogni momento, a motivo che il peso lo sollecita ad ogni istante, e così al moto già concepito aggiugne stimoli ed incrementi continui. Dobbiamo al gran Galileo la scoperta, che gl' incrementi successivi nelle celerità sono espressi dai numeri dispari 1, 3, 5, 7, ecc.; di maniera che se un corpo cadente piomba nel tempo di un minuto secondo per un' altezza di 15 piedi (296), è similmente provato per esperienze indubitate, che nel tempo di due minuti secondi travalica un' altezza di 60 piedi; laonde lo spazio scorso nel secondo minuto è 45 piedi, cioè triplo del primo 15. Similmente nell' intervallo di tre minuti secondi veggendosi essere di 135 piedi l' altezza della caduta, è manifesto che al terzo minuto appartengono 75 piedi, ch' è il quintuplo de' primi 15. E così discorrendo.

657. Se due forze agiscono insieme per muovere un corpo, e con direzioni diverse, in tal caso il moto è parimente rettilineo, qualora per altro le forze sieno *omogenee*, cioè dello stesso genere; ma la dirittura del moto è intermedia fra le tendenze delle due forze. Infatti immaginiamoci una palla, cui sieno attaccate due lunghe corde ed uguali; il tutto prosteso al suolo. Pigli un uomo nella sua mano il capo libero d' una corda; un altro uomo l' estremità dell' altra. Ponghansi questi uomini a camminare per dirittura diverse, sinchè la palla sia tirata da entrambi. Potrà ella seguire l' andamento di un solo di loro? Mainò. Facilmente potete vedere per esperimento che la palla non procederà sull' orme nè dell' uno nè dell' altro di quei che la tiranno, ma terrà una via di mezzo, siccome è troppo evidente da concepirsi anche senza prova di fatto.

658. Si dimostra col soccorso della geometria che se le forze attiranti o impellenti sieno della stessa natura; per esempio, se il moto sia uniforme, val a dire, se i passi di ciascun di quegli uomini sien tutti eguali in lunghezza ed in durata di tempo; e dico *di ciascuno*, essendo ancor vera la conchiusione,

se i passi dell' uno non sieno uguali a quelli dell' altro, in tal caso l'andata intermedia della palla è sempre una linea retta.

659. Ma se le forze non sieno dello stesso genere, allora il mobile descrive necessariamente una linea curva. Esempigrazia, il pallone slanciato dal giuocatore è animato da due forze *eterogenee*: l' una momentanea, che è il colpo del bracciale, l' altra continuata, qual è il peso o la gravità del pallone. Nasce quindi il moto curvilineo, qual può da ciascuno osservarsi, e del quale abbiamo dato altri esempi (157, 279): soggiungendo io qui ciò che allora non era necessario, cioè la *linea obbliqua* dell' Art. 279 non significar linea retta, mentre anzi dimostrarsi matematicamente che in tutti i casi ove il moto sia generato da forze eterogenee, il cammino del mobile è linea curva. E poichè s' è già detto che le omogenee producono sempre il rettilineo, conchiuderemo adesso per legittimo converso, che ogni moto curvilineo si deve attribuire a forze eterogenee.

660. Or tal è certamente il moto de' pianeti, i quali s' aggirano intorno al sole per la circonferenza di un' elisse (381). Tale il moto eziandio della luna, la qual neghi chi ha occhi; se può, che non faccia ogni mese il giro d' intorno alla terra. Or quali esser possono mai le forze eterogenee, onde nascono i movimenti di cui parliamo? La forza momentanea facilmente s' indovina. Siccome il moto che anima la natura universale, non si può intendere senza un primo motore; così è vanità di filosofia senza freno negare un Autore della natura il quale abbia dato alle sue fatture l' azion primordiale. Se non si ammetta una prima spinta, ogni fenomeno è inesplicabile. Concessa quella, il maraviglioso ordine celeste diviene un puro gioco dell' attrazione scambievole d' ogni materia (370).

661. La prima impulsione sia dunque la forza motrice momentanea, la quale non può generare altro moto che rettilineo. A far sì che i pianeti cammi-

nino per linea curva d' intorno al sole, e la luna d' intorno alla terra, è mestieri d' un' altra forza che li tiri o spinga continuamente verso quella mole che accerchiano. E dove cercheremo noi questa forza se non se in quell'attrazione mutua, che in tante maniere ci salta negli occhi (644)? Ammesso un primo impulso, ammessa l'universale attrazione, tutto s'intende, tutto si spiega. Senza questi principj la natura è morta, e chi li nega, senza sostituirne d'equivalenti, è un ostinato che vaneggia. Dirà forse taluno: Ma se non avete altro rifugio che la mano di Dio per far nascere la prima impulsione, a che non attribuite alla stessa mano anche gli effetti dell' attrazione? Questo sarebbe togliere ogni potere ed ogni sapere all' Autore della natura. Possono l' orologio, il mulino e tant' altre macchine effettuare i loro movimenti, senza che la man dell' artefice li conduca incessabilmente; le opere sole del massimo Artefice nol potranno?

662. A saper se la luna obbedisca all' attrazion della terra con la regola stessa del sasso, il qual cade alla superficie di questa, si procede nel modo seguente evidentissimo. La luna compie il suo giro, d' intorno alla terra (259) nello spazio di giorni 27, ore 7, min. 43 (257), o sia di giorni 27, centesime 32. Se dunque si dividano per questo numero i 360 gradi di tal girazione, come si è fatto (455) per quella della terra d' intorno al sole, si troverà che il moto mezzano della luna in un dì, monta a gradi 13, minuti 11 circa, cioè i min. 791, val a dire a secondi 47460; i quali, moltiplicati per 60, danno min. terzi 2847600. Ma un giorno contiene 86400 minuti secondi di tempo (257). Dividendo con questo il numero antecedente, ravvisasi che la luna nel tempo d' un minuto secondo trascorre un arco di 33 minuti terzi. Quest' arco, alla distanza media 206 mila miglia (222) della luna dal centro della terra, si stende per piedi 3133; questo è il viaggio che fa la luna nel suddetto piccolissimo tempo di una battuta di polso.

663. Se la luna non fosse chiamata dall'attrazione terrestre, ma procedesse per linea retta con la sola forza del primo slancio, questa retta, nel tempo di un minuto secondo, si scosterebbe dall'arco, e per conseguenza dal centro della terra, 3/5 di linea, o più minutamente una parte dugentrentanovesima di piede. Questo è dunque l'effetto dell'attrazion della terra nella luna in un minuto secondo. Ora l'effetto dell'attrazion della terra in un corpo che cade alla sua superficie è 15 piedi (296). Inoltre il raggio mezzano della terra è (88) miglia 3438. Adunque perchè valesse la legge neutoniana sarebbe mestieri che 15 piedi avessero ad una parte dugentrentanovesima di piede quella stessa relazione che ha il quadrato di 206000 al quadrato di 3438. Moltiplicando 239 per 15 si ottiene 3585; e quindi spicca, la relazione di 15 piedi ad una parte 239'' di piede essere quella stessa che hanno 3585 piedi ad un piede. Ma il 3438 è contenuto poco men di 60 volte nel 206000; e per conseguente il quadrato di 206000 al quadrato di 3438 ha la stessa relazione che ha il quadrato di un numero poco minor di 60 al quadrato di 1; cioè quella stessa che ha un numero poco minor del 3600 all'1. Or questa relazione non coincide forse mirabilmente con quella del 3585 all'1? l'attrazione della terra sopra la luna, nella quantità voluta per l'appunto dalla legge neutoniana (648), è dunque provata stupendamente dal moto orbicolare della luna d'intorno al nostro globo; moto impossibile a nascere senza una forza che tiri la luna incessantemente verso la terra. E ciò che di questa si è dimostrato si avvera eziandio per ogni altro satellite relativamente al pianeta suo principale.

664. Or sarà pregio dell'opera investigare col metodo stesso la legge d'attrazione del sole verso i pianeti primari. Piglio, a cagion d'esempio, Marte e la terra. S'è già ravvisato (399) che il viaggio mezzano di essi nella lor girazione d'intorno al sole, in un minuto di tempo, consiste in miglia 787 per

Marte, ed in miglia 974 per la terra. Se questo viaggio fosse per linea retta, Marte si scosterebbe dal sole una quattrocentesima parte di miglio, cioè piedi 14; e la terra un censettantaduesimo di miglio, cioè piedi 33. Queste sono le cadute di Marte e della terra verso il sole in un minuto di tempo: facili da computarsi da ogni mezzano geometra, assumendo (324) cose notissime, val a dire la distanza mezzana di Marte dal sole di 124 milioni 189 mila miglia, e quella della terra di 81 milioni 505 mila. Or è da vedere se quegli effetti dell' attrazione solare stanno fra loro nella ragione inversa dei quadrati delle or denotate distanze. A ciò esser vero bisognerebbe che 14 a 33 avesse la proporzione medesima che ha il quadrato di 81 e mezzo milioni al quadrato di 124 milioni. Ma il quadrato di 81 e mezzo è 6042; il quadrato di 124 è 15376; e la regola aurea richiede di moltiplicare il 6642 per 33, e dividere il prodotto per 15376; di che si ottiene appunto appunto il 14.

Nel modo stesso la legge neutoniana è comprovata a capello dalle cadute di ogni altro pianeta verso il sole.

665. Si dimostra poi matematicamente, che se i pianeti sono contenuti nelle orbite loro da una forza attrattiva del sole, operante in ragione inversa dei quadrati delle distanze, 1.° i cubi di queste esser deggiono in proporzione coi quadrati degli anni planetari; ch' è appunto la legge della natura; alla quale ogni pianeta obbedisce, siccome vedemmo (320); 2.° la figura delle orbite, che segnano i pianeti circuendo il sole, debb' essere una di quelle curve che nascono tagliando un cono, o sì vero un pane di zucchero. Or di sì fatte è appunto quella che nomasi *elisse*, ed alla quale sappiamo (381) acconciarsi il viaggio d'ogni pianeta. Alle comete rimane libera la scelta, ma i loro movimenti non si possono adattare che ad una di quelle curve.

666. Ecco posta pertanto in luminosa certezza dai

più decisivi confronti l'esistenza di quella facoltà che risiede in ogni corpo per attirare a sè gli altri corpi, e che opera con una legge comune ed immutabile. Che se nel computar le cadute della luna verso la terra, e de' pianeti verso il sole, non abbiamo fatto menzione altro che dell'attrazion della terra e di quello del sole, ciò non fu che un' abbreviatura. Per altro quegli effetti si debbono attribuire all' azione reciproca, e ne' computi rigorosi vedremo a suo tempo pigliarsi in conto non meno l'attrazione del sole verso i pianeti, che quella de' pianeti verso il sole. Ma come gli effetti di queste attrazioni cospirano insieme ad accostare i corpi uno all' altro, così non era necessario nè utile infino ad ora il considerar separatamente l'azione individua di ciascheduno.

667. Il capo d'opera della divina Mente fu quello di collocare i corpi celesti a distanze reciproche, distribuite con sì giusta proporzione alle masse loro (45) che dalle attrazioni scambievoli, combinate con la prima spinta per linea retta (661), dovessero nascere quei maravigliosi moti orbicolari che osserviamo, e dei quali, non che delle eventuali e continue, ma piccole alterazioni loro, che altrove si esplicheranno per minuto, rende ragion puntualissima l'unica legge neutoniana, senza che l'equilibrio delle reciproche azioni venga meno giammai, nè alcun corpo urti l'altro, ed induca sconcerto nel venustissimo ordine universale.

CAPITOLO XXVII.

Teoria della Luna.

667. Il ragionamento delle parallassi ci ha guidati naturalmente ad investigare le distanze minima, media e massima della luna dalla terra. Da queste non ci è bisognato che un passo a determinare le dimensioni del nostro satellite. Poi ci è venuto in destro

discorrere della rotazion di lui; finalmente delle sue fasi. Argomenti assai più malagevoli ancor ci rimangono or che intraprendiamo a cercare le leggi, le quantità, le celerità degl' intralciatissimi e vari suoi movimenti. La gran vicinanza alla terra li rende alla nostra vista più rapidi e più sensibili che non quei d' ogni altro corpo celeste. Di qui gli antichi ne colsero meglio le prime superficiali notizie. Ma nei moderni tempi è riuscito penetrar prima i motivi delle disuguaglianze negli andamenti degli altri pianeti, poichè non tante, nè sì avviluppate, come quelle della luna; le quali all' ingrosso han potuto bensì balzar presto agli occhi, mentre che, il farne minuto discernimento, richiese infinite fatiche d' osservazione, e tutti gli sforzi della più arcana geometria.

Della Rivoluzione della Luna.

669. Il primo elemento della teoria lunare si è il tempo che impiega la luna a circuir la terra, giacchè quella, qual secondario pianeta, è destinata (3) al corteggio di questa, ch' è il suo primario. Esso tempo si nomina (300) *rivoluzione*: nè potrebbe mettersi nella schiera degli anni planetari, poichè le rivoluzioni dei pianeti principali facendosi d' intorno al sole, costituiscono veramente (300) la tirata dell' anno, in ciascun pianeta diversa, inserviente a misurar le età degli abitanti rispettivi, qualor ve ne abbia. Ma l'anno dei popoli della luna è quasi quasi lo stesso del nostro, giacch' ella nell' aggirarsi intorno ci seguita sempre, tenuta e portata in balìa della terra dall' attrazion prepollente del nostro globo. La piccola distanza che ci separa da lei fa sì che l' annuo giro sia simultaneo, quasi come se terra e luna facessero un corpo solo.

670. La rivoluzion della luna è di varie specie, e riceve gli stessi nomi e significanti che abbiamo imparato a conoscere nei pianeti. *Periodica* o *tropica* è quella che riconduce la luna alla stessa di-

stanza in cui la vedemmo altra volta, da un medesimo punto equinoziale (22). La quantità *mezzana* ricavasi con grande esattezza, paragonando due osservazioni le più rimote che possano rinvenirsi, l'una dall'altra (449). Tolomeo (*Almagesto*, pag. 88) riferisce un eclisse di luna, che dai Caldei fu osservato in Babilonia in giorno corrispondente ai 19 marzo dell' anno 720 avanti G C. Cassini ne fa il confronto con altro eclisse avvenuto il dì 20 settembre 1717. L'intervallo, tenendo conto degli anni bisestili, comprende 890 288 giorni, meno 46 minuti. Ma sappiamo (259) che il tempo della rivoluzione periodica della luna eguaglia precisamente quello della sua rotazione, il quale dal movimento delle macchie vien palesato consistere (257) in giorni 27, ore 7, min. 43, che equivalgono a giorni 27 e 322 millesime di giorno. Dividendo per questo numero i giorni 890 288, si trova che essi contengono 32585 rivoluzioni periodiche della luna. E come questa trovavasi, nel momento della seconda osservazione, avanzata di 186 gradi, 7 minuti, da quel luogo del cielo, in cui stava al momento della prima; i quali 186 gradi, 7 minuti fanno 517 millesime, di 360 gradi, cioè d' una rivoluzione; perciò dividendo l'intervallo dei giorni 890 287 e 968 millesime, che tali restano dibattendo 32 millessime per cagione de' 46 minuti; dividendo, dico, quel numero per quello delle rivoluzioni, cioè per 32 585 e 517 millisime, si trova che ogni rivoluzione abbraccia 27 giorni e 321 585 milionesimi di giorno; la qual frazione importa ore 7, min, 43, secondi 5; ultima precisione alla qual non poteasi giugnere con l' osservazione del moto delle macchie. Adunque la rivoluzione *tropica* o *periodica* della luna si compie ragguagliatamente in giorni 27, ore 7, min. 43, secondi 5. Facendo il confronto di molti eclissi, il risultamento mezzano ha dato un terzo di minuto secondo di meno; sicchè non può dubitarsi della solenne puntualità di questa determinazione. Ho poi detto *rag-*

guaglialamente, il che significa la quantità mezzana fra moltissime rivoluzioni, computate l' una con l'altra, giacchè le ineguaglianze grandi del moto lunare introducono differenze considerabili fra una ed altra rivoluzione, e non permettono forse mai che alcuna sia contenuta in que' limiti assoluti e precisi.

671. Per passare dalla tropica a diffinire la rivoluzion *siderale*, fa mestieri (421) aggiungere a quella il moto di più che dovrebbe la luna fare se il punto equinoziale fosse immobile. Di fatto questo punto ha ritroceduto 4 secondi circa nel corso dei 27 giorni; laonde la luna lo ha raggiunto più presto. Ma bisognano a lei 7 circa secondi di tempo, onde correre uno spazio celeste di 4 secondi, siccome ognuno può rinvenire con questa regola del tre: Se a valicare l' intiera circonferenza del cielo, cioè gradi 360, o vero 1296000 minuti secondi, la luna spende giorni 27, ore 7, min. 43, secondi 5, val a dir 2 milioni 360585 secondi; per trascorrere 4 secondi quanto tempo spenderà? È dunque di giorni 27, ore 7, min. 43, secondi 11 1/2 la rivoluzione siderea della luna, cioè l' intervallo mezzano di tempo che metterebbe a partir dalla congiunzione con una stella, e tornarvi se il suo movimento fosse uniforme.

672. Vuolsi ora determinare con ogni scrupolo il tempo mezzano della rivoluzione *sinodica* (494), cioè delle lunazioni (499), val a dire l' intervallo mezzano fra due noviluni, o, con altre parole, fra due congiunzioni della luna col sole. Or queste congiunzioni son ritardate dal moto annuo (Cap. XVIII) della terra, succedendo il medesimo da levante verso ponente (519); laddove il moto della luna è per verso contrario; potendo ciascuno osservare ch' ella va trapassando da un giorno ad altro le stelle che le vediamo stare a sinistra. Se il moto angolare (344) del nostro globo fosse tanto grande come quello della luna, l' una compenserebbe l' altro, ed ella ci parrebbe immobile relativamente al sole. Il compenso essendo parziale solamente, il moto angolare della

luna, veduto dalla terra e riferito al sole, consiste nella differenza tra il moto assoluto della luna ed il moto contemporaneo della terra.

673. Pigliamo il moto diurno tropico dell' una e dell' altra. Quel della luna si trova, dividendo l' intiera circonferenza del cielo, cioè 1296000, pel numero de' giorni che spende a percorrerla, val a dire per 27 e 321585 milionesimi; donde spicca il *moto diurno mezzano tropico* della luna consistere in 47435 secondi, i quali equivagliono a 13 gradi, 10 minuti, 35 secondi.

674. Sottraendone 3548 1/3 secondi, moto medio diurno tropico della terra (435), troviamo la differenza de' movimenti lunare e terrestre, ascendere in un dì, ragguagliatamente un per l' altro, a secondi 43886 2/3. Quest' è il moto diurno *relativo*, da' cui si compone la rivoluzione sinodica della luna. Attribuendole cotal moto, il computo riesce come se la terra stesse ferma; e si può considerar che la luna, a partir dalla congiunzione col sole e tornarvi, percorre una giusta circonferenza, quantunque in realtà di fatto trascorra 29 gradi circa di più, quant' è nel frattempo il moto terrestre. Ora dividendo i secondi 1296000 della circonferenza pei 43886 2/3 del moto diurno relativo, rinviensi che da un novilunio al seguente il mezzano intervallo ragguagliatamente consiste in giorni 29 con più 530587 milionesime di giorno, le quali da ogni aritmetico troveransi agguagliare ore 12, minuti 44, secondi 3. È dunque la *rivoluzione sinodica* media della luna di giorni 29, ore 12, minuti 44, secondi 3, siccome ho promesso (499) di comprovare.

Delle Ineguaglianze maggiori nel Moto della Luna.

675. Abbiamo stabilito i tempi delle girazioni lunari, quali sarebbero se la luna camminasse con moto sempre equabile ed uniforme. Quest' è il fon-

damento sul quale si costruiscono le tavole tutte dei pianeti (424). Or bisogna determinare le correzioni occorrenti per passare dal punto celeste, ove queste Tavole pongon la luna, a qualunque epoca di tempo si voglia, al vero punto dov' ella realmente si trovi.

676. Sei sono le ineguaglianze più solenni ne' movimenti della luna. Quattro si distinguono co' seguenti nomi: Equazione dell' orbita, evezione, variazione, equazione annua: le due altre dipendono dal moto degli apsidi (388), e da' quello de' nodi (411). Tenteremo di farle conoscere ad una ad una, non meno nelle cagioni producitrici, che ne' quantitativi degli effetti.

677. L'*equazione dell' orbita*, o sia *del centro*, è quella stessa che costituisce il moto ellittico dei pianeti primari (404, 405). L' ellisse è la sola curva chiusa, o sia rientrante in sè stessa, tra quelle che nascono tagliando il cono (665). La luna, che gira intorno alla terra, è forzata dall' attrazione di questa (663) a descrivere una ellisse, giacchè le altre curve coniche aperte, dopo un primo ed unico accostamento allontanerebbero la luna da noi, sempre più, in perpetuo.

678. Ne' pianeti primari l' eccentricità che produce l' equazione dell'orbita (405) si ricava (390) prendendo la semidifferenza delle loro distanze massima e minima dal sole. Così non può farsi nella luna; poichè la sua orbita ellittica, proveniente dall' attrazion della terra, vien deformata grandemente dall' attrazione del sole. Nel novilunio la luna è posta fra il sole e la terra; nel plenilunio è la terra che sta nel mezzo (305). Nel primo caso la luna è più vicina al sole di quattrocentomila e più miglia che nel secondo (222). Sebbene questo divario sia piccolo al paragone di 81 milioni di miglia, ch' è la distanza dal sole (228), pur non lascia di generar differenze notabili negli effetti dell' attrazione di quell' astro sopra la luna e sopra la terra, calcolati sulla gran legge (648), che sempre riscontrasi esatta. Ad ogni

varia distanza reciproca fra quei tre corpi celesti appartengono effetti diversi delle loro attrazioni scambievoli. Il computo di questi effetti, in ciascuna diversa circostanza, costituisce il famoso problema detto *dei tre corpi;* problema, che ha messo alla tortura i più elevati ingegni, e non ha ceduto altro che per approssimazione, ai loro possenti sforzi.

679. L'equazione massima del centro della luna non arriverebbe a 5 gradi (406), se unicamente operasse l'attrazione del nostro globo, ed il sole non frammischiasse la propria. In qual caso la differenza fra le distanze massima e minima della luna dalla terra, in vece di 27350 miglia, qual è in realtà (222), nè pur giugnerebbe a 17850. L'aonde l'attrazione del gran luminare produce nulla meno che 4750 miglia d'allungamento nell' eccentricità (390) dell'orbita lunare.

680. Di fatto ne' noviluni l'azione del sole è maggiore contro la luna, che contro la terra, per esser quella a lui più vicina di questa. Dee dunque il satellite nostro scostarsi da noi. Ma questo succede altresì ne' pleniluni, quantunque le circostanze sien quivi mutate in opposito; imperocchè la terra, vicina in tal caso al sole più della luna, sente d'avvantaggio l'attrazione di lui, e così fa mestieri che gli si appressi e da lei si allontani. Adunque in ambe queste *sizigie* (chiamasi con tal nome la posizion dei tre corpi in una linea (305) stessa), la luna dilungasi dalla terra; qual farebbe se l'attrazione terrestre, per qualsivoglia causa, s'infievolisse; laonde cotesta azione del sole può trasformarsi ed esprimersi rettamente per menomanza equivalente dell'attrazione terrestre. Col favor de' sublimi calcoli, inventati dal Newton, condotti ora all'apice da Laplace, si è potuto valutar questa diminuzione ad un nonantesimo dell' attrazione terrestre.

681. Consideriamo adesso gli effetti dell' attrazione del sole, quando la luna si trova nei punti di mezzo fra le due sizigie, cioè nel primo o nell'ultimo

quarto; le quali fasi si appellano l'*aspetto quadrato* o le *quadrature*. Una immagine di questa configurazione può darcene un desco bislungo, sul far di quelli da refettorio. Supponete il sole in un angolo di quel desco, la terra nell' angolo diametralmente opposto, e la luna nel vicino a quest' ultimo. Intenderete facilmente che la diagonale di quel quadrilatero, val a dir la distanza del sole dalla terra, non supera notabilmente la lunghezza del desco, val a dir la distanza dal sole alla luna. Sentiranno pertanto a un di presso la stessa attrazione solare, così la terra come la luna. Il loro avvicinamento al sole per cotal causa sarà per conseguente di egual quantità. Ma per poco che esaminiate la situazion dei tre corpi a quella mensa, v' accorgerete di leggieri che la luna, nell' appressarsi al sole così di traverso, si accosta insieme alla terra, che vien verso lui per lo lungo. Sì fatto accostamento si potrà dunque considerar qual effetto d' aumentazione dell' attrazione terrestre, a quel modo che abbiamo attribuito non ha guari a diminuzione di essa il dilungamento della luna dalla terra. Tale aumentazione per altro non monta, in virtù de' calcoli prelodati, se non se alla metà dello scemamento che nasce nelle sizigie.

682. Ora affinchè la diminuzione divenga aumento, bisogna che quella si vada a poco a poco spegnendo, nell' atto che va successivamente mutandosi la posizione rispettiva dei tre corpi. Similmente diremo, dover l'aumento gradatamente scemare ed estinguersi, per dar quindi luogo alla susseguente diminuzione. È chiaro pertanto, che fra il novilunio ed il primo quarto debb' esserci un punto, nel qual finisce la diminuzione, ed è per cominciare l'aumento. In tal punto la somma delle diminuzioni anteriori costituisce il massimo effetto, cioè il massimo dilungamento della luna dalla terra. Una volta o l'altra questo punto dell'orbita lunare s' incontra ad essere anche quello ove ha luogo l' equazione massima del

centro (403); la qual dalle osservazioni fu palesata ascendere a gradi 7 2/5; e tal venne agli occhi di Tolomeo, comechè senza il minimo sentor della causa, riserbata ad immortalare quelli mentali del Newton.

683. Siccome si è visto che la diminuzione è doppia dell'aumento, così ad estinguer la prima è mestieri più tempo che a maturare il secondo. Per conseguente quel punto, di cui s'è ragionato sopra, viene a cadere negli 11 diciottesimi del cammino che fa la luna dal novilunio al primo quarto, cioè nel giorno quinto della sua età. Per eguali ragioni il passaggio dall'aumento alla diminuzione, o viceversa, dee nascere in altri tre punti, cioè, fra il primo quarto ed il plenilunio, fra il plenilunio e l'ultimo quarto, fra questo ed il novilunio. Il secondo di questi tre punti è diametralmente opposto a quello del massimo scemamento dell'attrazione terrestre, e vi nasce il medesimo fenomeno. All'incontro nei rimanenti due punti interviene il massimo accrescimento dell'attrazione terrestre; siccome quelli ne' quali l'aumento si estingue per poi diventare diminuzione; onde quivi si accumula l'effetto o la somma di tutte le aumentazioni anteriori. In detti due punti devono dunque nascere i maggiori avvicinamenti della luna alla terra. Qualunque volta però si sarà combinato, che in uno di que' punti coincida anche quello dell'equazione massima del centro, tante volte si avrà potuto osservarla nel minimo suo valore, cioè qual sarebbe in virtù dell'attrazione unica della terra; come se il sole non esistesse. In tali circostanze è stata riconosciuta eziandio dagli antichi astronomi non giungere ai 5 gradi.

684. Ascende pertanto a gradi 2 2/3 circa il massimo aumento che nasce nell'equazione naturale dell'orbita lunare, e per conseguenza nell'eccentricità (679), a cagione dell'attrazione del sole. A tale ineguaglianza, la cui scoperta è dovuta a Tolomeo, fu imposto il nome di *evezione*, forse perchè *evehit*, cioè innalza ed augumenta, così l'equazione, come

l' eccentricità. È tornato comodo agli astronomi tagliar per mezzo quella quantità, che monta più esattamente a 2 gradi, 41 minuti, e aggiungerne la metà all' equazione naturale del centro, che appena oltrepassa i gradi 4, min. 58; lasciando il titolo di *evezione* all' altra metà solamente.

685. Consiste dunque in gradi 6, minuti 18 1/2 l' equazione massima; la qual corrisponde a 11331 miglia d' eccentricità. Quest' è l' eccentricità mezzana della luna, fra il limite suo naturale 8923 miglia, corrispondente all' equazione di gradi 4, min. 58, ed il limite più alto 13673 miglia che nasce dalle 4750 di cui è accresciuta dall' evezione.

686. L' equazione del centro cangia di valore continuamente da un sito ad altro della luna, come s' è veduto (425) pei pianeti. Tal diverso valore è ridotto in Tavole; da cui si piglia con ogni facilità, quindi si applica alla longitudine media della luna con le stesse regole come per essi: questa è la massima ineguaglianza. Ma per conoscere il luogo vero della luna nel cielo in un dato momento, molte altre correzioni fa d' uopo applicare; la maggior delle quali è per altro l' evezione; la qual parimente è apparecchiata in una Tavola, dove la varia sua quantità dipende dalle diverse distanze angolari in cui è la luna dal sole. Così doveva essere, posto che abbiam veduto che l' evezione deriva dall' attrazione del sole, e che questa produce effetti molto diversi, secondo le varie posizioni rispettive dei tre corpi di cui si tratta.

687. La terza ineguaglianza si nomina *variazione*. Fu scoperta da Ticone: sicchè passarono 14 secoli dallo scoprimento dell' evezione a quello della variazione. Questa nasce così. La luna, poco dopo l' ultimo quarto, a misura che s' appressa alla congiunzione del novilunio, si appressa anche al sole e gli si trova ognor più vicina di quel che sia la terra (678). L' attrazione di lui che a sè la chiama, seconda pertanto il natural suo moto, e per conseguente lo ac-

celera. Di questa maggiore celerità convièn tener conto, se vuol determinarsi il vero luogo della luna in simili circostanze. Questo luogo si muta infin più di mezzo grado, o sia 36 minuti, per sì fatta cagione; e tal correzione è quella che porta il nome di *variazione*, di cui trattiamo. Anche questa, siccome tutte le altre, è distribuita in una Tavola che dà la quantità corrispondente a ciascun aspetto diverso dei tre corpi.

688. Principia la luna ad esser tirata innanzi nel suo cammino, allor quando si trova a mezza strada fra l'ultimo quarto ed il novilunio. In quest' ultimo accade il maggior incremento nella sua velocità, così volendo la massima quivi sua vicinanza al sole. Subito dopo il novilunio la luna comincia ad allontanarsi dal sole, prendendo la strada opposta, per cui s' incammina al primo quarto. Allora il sole la tira per verso contrario alla nuova sua direzione, e però tende a diminuire la di lei velocità. Ciò non pertanto, l' eccesso acquistato non si distrugge completamente, persino a che non arrivi la luna a mezza strada del novilunio al primo quarto, poichè in quel punto solamente, in virtù delle successive diminuzioni, la velocità massima si riduce alla sua quantità mezzana, cioè a quella che nasce dall' attrazion della terra puramente. Quello dunque è un confine dove l' attrazion del sole introduce varietà nella velocità naturale della luna: tre altri confini ci sono; cioè nei punti di mezzo, tra il plenilunio e l' ultimo quarto, tra il primo quarto ed il plenilunio, tra l' ultimo quarto ed il novilunio. In questi due ultimi punti comincia l' aumento della velocità, ne' due altri lo scemamento.

689. Quindi ne nasce un effetto che sembra maraviglioso, ed è naturalissimo, cioè, il massimo avanzamento di luogo da quel che occuperebbe la luna se l' attrazion del sole non agisse sopra di lei, non effettuarsi già nel momento della massima velocità, che sarebbe quello nel novilunio, ma bensì a mezza

strada tra questo ed il primo quarto, poichè infino a tal sito è ben vero che la celerità scema sempre, ma come non perde se non dell' eccesso che aveva prima acquistato, così la luna non cessa di esser avanzata più del dovere insino a quel punto. Poniamo ch'ella facesse naturalmente 3000 piedi (662) ad ogni minuto secondo, mentre si trova a mezza strada fra l'ultimo quarto ed il novilunio. Si acceleri di là in poi, sicchè arrivi gradatamente a farne 4000 nel novilunio. Quivi comincia ad esser tirata indietro dal sole con quella medesima gradazione ch' ei tenne prima a tirarla innanzi: sicchè non torna la velocità a ridursi a 3000 piedi se non giunge la luna a mezza strada fra il novilunio ed il primo quarto. Avanti di giugnere a questo sito la di lei velocità è sempre maggior della quantità media 3000. Fa dunque sempre maggior cammino del suo naturale, e però s'avanza più e più. Questi successivi avanzamenti finiscono all'indicato sito, e però in quello la somma degli avanzamenti anteriori è la massima. Questa somma è il valor della *variazione*, il qual valore per conseguente è il maggiore in quel punto, e non in quello del novilunio, dove pur la velocità era la massima. Avremo occasion di applicar sovente questa dottrina, che ha luogo continuamente quando si tratta di aumenti o diminuzioni successive.

690. Riman da avvertire, che niun sospettasse, la variazione esser contenuta nell' evezione, e quindi il farne due correzioni separate esser error di duplicamento; imperocchè sebbene provengano entrambe da una medesima causa, cioè dall' attrazione del sole, nondimeno gli effetti sono affatto diversi, poichè nell' evezione si considera quanto la luna è tirata fuori dell'orbita sua naturale, e nella variazione si mantiene l' orbita nuova, formata dall' evezione, ma si considera inoltre quanto è alterata la velocità della luna ne' punti diversi dell'orbita stessa.

691. Anche l' *equazione annua* è stata scoperta da Ticone. Dipende questa dalle varie distanze della

terra dal sole; della qual varietà non abbiamo ancora tenuto conto indagando le ineguaglianze della luna. Il massimo di tal varietà consiste nella differenza tra la distanza afelia e la perielia (388), cioè nella doppia eccentricità (390). Or questa non monta nullameno che a due milioni e mezzo di miglia; e di tanto è più vicina in fin di dicembre la terra al sole, di quel che sia nell'entrar di luglio (402). Come poi la differenza fra le distanze massima e minima della luna dalla terra non va che a 27 mila miglia (222), così può stimarsi per insensibile o nulla, al paragone della quantità precedente. Supponendo pertanto che la luna rimanga sempre ad egual lontananza dalla terra, possiamo conchiuderne: che quando il nostro globo si avvicina al sole, se gli avvicina insieme anche la luna; e scostandosi quello, lo stesso addiviene di questa. Ora l'azione del sole contro la terra è senza dubbio la massima nel perielio, la minima nell'afelio: ed abbiamo veduto (680) che quell'azione sminuisce, nelle sizigie, l'attrazione terrestre contro la luna; dalla quale attrazione dipendendo (663) il moto orbicolare del nostro satellite, esso moto dovrà rallentarsi allor quando scema la causa moderatrice. Dunque il rallentamento sarà maggiore se la terra sia nel perielio; minore se nell'afelio. Queste circostanze diverse non si sono considerate nel determinare l'evezione e la variazione. È mestieri perciò applicare al computo del moto della luna una correzione correlativa se vuolsi trovare il vero suo luogo nel cielo. Tale correzione procede oltre agli 11 minuti, e porta il nome di *equazione annua*, poichè dipende da tutti i variamenti che avvengono nel corso di un anno, nelle distanze tra sole e terra. Il massimo valore di questa correzione ha luogo nelle distanze mezzane di questi due corpi, per la stessa ragione che si è sminuzzata (688, 689).

692. Passiamo a discorrere del *moto degli Apsidi*. Dalle osservazioni si rende manifesto che la linea rappresentante l'asse maggiore (383) dell'orbita della

luna non riman ferma nel cielo, ma si move circolarmente d'intorno al foco ove siede la terra. Cotal moto angolare, di qui veduto, è di 6, 41″ al dì, talchè, accomodando alla terra ed alla luna quel che si è detto (408) del sole e della terra, l'afelio diventerà *apogeo*, il perielio *perigeo*, e questi due punti estremi dell' asse nell'orbe lunare descriveranno contemporaneamente una circonferenza intiera in poco men d'anni nove, vale a dir più precisamente nel corso di anni 8 e 312 giorni. Per conseguente l'apogeo della luna, cioè quel punto dell' orbita sua, nel qual se ne sta alla maggior lontananza dalla terra, sarebbe da noi veduto, se cotal punto fosse corporeo, battere successivamente su tutti, i punti d'una circonferenza celeste nel giro di tempo allegato or ora. Lo stesso si dica del *perigeo*, ch'è il punto opposto, cioè quello nel qual la luna si trova alla minima sua lontananza dalla terra.

693. Con ciò s' intende che l'orbita della luna cangia sito continuamente nel cielo; del qual cangiamento potete avere una immagine, premendo forte con la punta d'un dito il mezzo, esempigrazia, della ventesima linea di questa pagina, e facendo con l' altra mano girare il libro in tal guisa aperto, d' intorno al dito premente, il qual non si move. Se vi figurerete che gli orli della pagina, in vece d'essere linee rette, sian linee curve costituenti col loro contorno una ovale, il cui diametro maggiore sia l'altezza della pagina, il minor la larghezza, potrete considerare in detta ovale il sentiero cui batte la luna, e nel sito ov' è il dito la terra; da che vedrete come la situazion dell' ovale si muti continuamente in virtù della girazione del libro d'intorno al dito. Se nel cielo tal girazion si facesse in un piano, cioè come quella del libro sul piano d' un tavolino, allora la luna ad ogni nove, poco meno, ripasserebbe pei medesimi punti dello spazio celeste. Ma perchè le attrazioni dei pianeti tirano fuori continuamente di strada la terra, e con essa la luna (691), perciò

può asserirsi francamente, che nè terra, nè luna (nè, per eguali motivi, pianeta o satellite alcuno) passan di nuovo, in tutta l'eternità, per quello stesso sentiero (non dico *punto*), per cui son passati una volta.

694. Or fa d'uopo che investighiamo la causa del movimento degli apsidi lunari. Abbiamo veduto (683) che l'azione del sole diminuisce l'attrazione terrestre contro la luna per più lungo tempo e per più quantità di quel che l'aumenti. Compensando uno con l'altro questi due contrari effetti, se ne inferisce, che tanto vagliono insieme come se il sole togliesse, in ogni tempo, alcun che più d'un trecensessantesimo alla forza attrattiva terrestre verso la luna. Ora sì fatto scemamento produce (680) allontanamento della luna dalla terra.

695. Ciò posto, partiamo da un punto dato, per esempio, dal novilunio, mentre la luna si trovi nel suo apogeo. Quello essendo il punto della maggior lontananza di lei dalla terra, ne vien che il suo cammino di là in poi sarà per punti meno lontani. Essa dunque si avvicinerà, così portando la via naturale dell'orbita sua; ma nel tempo medesimo si allontanerà, così volendo l'azione del sole. Adunque il punto della maggior lontananza, cioè dell'apogeo, non si rimarrà dove egli era, ma andrà successivamente nei punti ulteriori dell'orbita. Imperocchè quando la luna a capo di giorni 27 1/2 (671) tornerà nelle vicinanze di quel punto, le mancheranno ancora due giorni (674) al novilunio, dal quale perciò l'apogeo sarà lontano due giornate di viaggio della luna. Ecco l'orbita lunare situata diversamente rispetto al sole; il quale non agirà più sulla luna apogea con lo stesso vigore della volta passata, a motivo che le mancano due giorni a venire alla maggior vicinanza di lui. Qual punto dell'orbita che era apogeo, non lo sarà dunque più, poichè l'attrazione maggiore del sole sui punti successivi lo trasporta via via più avanti. Or ciò che nasce nel novilunio, quando la luna è nell'apogeo, si applichi al caso del

suo essere in qualsivoglia altro punto dell' orbita. Sempre l' attrazione del sole allontanerà la luna dalla terra ne' punti ulteriori ; e questi, per conseguenza, si accosteranno a quello della massima lontananza, cioè all' apogeo ; quindi esso andrà sempre avanzando, come si osserva.

696. La rivoluzione *anomalistica*, cioè il tempo che mette la luna a tornare al suo apogeo, ch' è il punto dal quale si principiano a contar le anomalie (404), è stata osservata consistere in giorni 27, ore 13, min. 18, secondi 34. Questo tempo eccede di ore 5, min. 35, secondi 22 1/2 la rivoluzione siderea (671). Nell' intervallo di quest' eccesso la luna corre per 3°, 4', 7'' 1/2 dell' orbita sua, come si ritrae facilmente con la regola aurea dal moto di 47235 secondi in un dì (673). Quei 3°, 4', 7'' 1/2 sono dunque il traslocamento dall' apogeo nei giorni 27 e 55 centesime di giorno, in cui la luna compì il suo giro anomalistico. Dividendo per questa l' antecedente quantità, si rinviene di 6', 41'' il moto diurno dell' apogeo; siccome ho asserito anticipatamente (692).

697. Per sapere quando la luna si trova negli apsidi, basta misurare il suo diametro. Il più piccolo svela la maggior lontananza (231), cioè il luogo dell' apogeo ; il più grande la minima, cioè il perigeo. Perciò la grandezza di questi diametri si ricava dalla ragione inversa con le distanze massima e minima. Il computo s' instituisce così. La distanza massima della luna dalla terra 219564 miglia (222) sta alla mezzana 205889, come il diametro mezzano 1879 secondi (237) sta al minimo; il qual, computando col metodo della regola aurea, si trova 1762 secondi. Adoperando la distanza minima 192214 miglia in vece della massima, dagli antecedenti numeri, si ricava il diametro massimo di 2012 secondi. Adunque per 27350 miglia di differenza nella distanza, quella nel diametro è di 250 secondi; il che viene a stare, a un di presso, un secondo di variazione nel diametro per ogni 109 miglia nella distanza.

698. L' ineguaglianza che nasce dal moto dell' apo-

geo consiste in questo. Avanzando quel punto, si accosta alla luna, e si diminuisce l'anomalia, dalla quale dipende l'equazione dell'orbita. È dunque alterato il valore di questa equazione, la quale decide più che altre (686) nella determinazione del vero luogo della luna nel cielo.

699. Rimane a parlare per ultimo del *moto de' Nodi* (411). L'orbita della luna è inclinata (412) all'ecclittica per 5 gradi circa. Tanto è dunque il massimo scostamento della luna dal piano dell'eclittica, cioè la massima latitudine geometrica di lei, equivalente all'eliocentrica de' pianeti primari, stante che il nostro globo è il centro de' moti lunari, siccome il sole de' planetari. Si ritrae dall'osservazione, come si è detto pei pianeti. La luna ad ogni sua rivoluzione siderea dee traversar due volte il piano dell'eclittica: una volta ascendendo, un'altra discendendo, posto che l'orbita sua giace mezza di sopra, mezza di sotto, dal piano dell'eclittica (411). Or questi transiti sono momentanei, come quei dei pianeti. Fuori di que' momenti, ed ella ed eglino son sempre fuori di quel piano, or di sopra or di sotto, a vicenda. Ma il sole siede sempre nell'eclittica (409). Dunque l'attrazione di lui tende continuamente ad avvicinar la luna al predetto piano. Giungerà per conseguente a traversarlo più presto che non farebbe se il sole non la tirasse. Il punto del traversamento, che appellasi il *nodo* (411), sarà quindi meno avanzato di quel che sarebbe senza l'azione del sole. Questa adunque produce ritrocessione continua de' nodi, e questo moto retrogrado, un giorno con l'altro, ascende a 3′, 11″, o più esattamente a 19°, 20′ in un anno; di maniera che nel giro d'anni 18 e 28 giorni la linea de' nodi si presenta successivamente a tutti i punti della circonferenza dell'eclittica, compiendone il giro contro l'ordine de' segni (21).

700. Ora a poter comparare insieme le posizioni de' pianeti d'ogni specie, è mestieri trasportarli col computo sopra un piano medesimo. Il più comodo (411) è quel dell'eclittica, in cui soggiornano il sole

e la terra. Bisogna dunque ridurre ogni pianeta a quel punto dell' eclittica a qual corrisponde perpendicolarmente. Questa riduzione genera differenze nella longitudine del pieneta. Altra è la longitudine di lui, numerata nella circonferenza dell' orbita propria, altra è la longitudine corrispondente (409) nella circonferenza dell' eclittica. Ad intender la ragione di questo divario, piacciavi aprire la cassa del vostro orologio, in maniera che il cristallo rimanga alquanto staccato dalla mostra, non però quanto può. Nella circonferenza del vetro notate un punto, il qual corrisponda, per esempio, ai 5 minuti della mostra, quando è chiusa. Alzata che sia, scorgerete il punto notato corrispondere perpendicolarmente sopra i 60 minuti, od altra parte meno avanzata dei 5. All'incontro, se il punto notato corrispondesse, per esempio, ai 25 minuti, dopo l' alzamento, andrà a riferirsi sui 30 od altra parte più avanzata dei 25. Il solo punto di mezzo, cioè quello dove il cristallo risponde ai 15 minuti, tien ferma questa corrispondenza medesima anche dopo l' alzamento.

701. Questa spiegazione fa conoscere che i punti d' una circonferenza inclinata ad un' altra corrispondono perpendicolarmente a punti diversi di questa, secondo che l' inclinazione è maggiore o minore; e corrispondono a punti più o meno avanzati, secondo che quelli dell' inclinata son da una parte o dall'altra del mezzo di essa.

702. Una idea falsa da questa oculare dimostrazione è mestieri rettificare; e consiste nell' essere la circonferenza del cristallo tutta sopra di quella della mostra. Immaginatevi tolta la cerniera, e per più chiarezza anche il cristallo, e che rimanendo ferma la cassa di esso, e nell' inclinazione, che aveva rispetto alla mostra, possa essere questa sola innalzata paralellamente a sè stessa, finchè il suo centro (ove sono impernati gl' indici) sia nel centro della cassa del cristallo. Allora questa si troverà mezza sopra e mezza sotto della circonferenza della mostra, e potrà figurare l' orbita d' un pianeta, mentre la mostra fi-

gura l'eclittica. Il divario nella corrispondenza dei punti sarà minore, ma vi sarà; e deve intendersi nel modo medesimo già spiegato.

703. La maggior differenza fra la longitudine della luna nell' orbita, e quella nell' eclittica, ascende a 6', 48'': ed avviene a 45° di distanza dal nodo, cioè a mezza strada dal nodo al limite (412), ch'è il punto corrispondente ai 15 minuti nella mostra. Nel nodo e nel limite la differenza è nulla. Cresce gradatamente dal nodo ai 45°, di là in poi decresce fino ai 90° ov'è il limite. Cominciando dal nodo è sottrattiva dalla longitudine sull' orbita per aver quella sull' eclittica. Dal limite all' altro nodo è addittiva. Tutto ciò si è veduto nascere nella mostra.

704. Il moto de' nodi lunari si rese facilmente manifesto ai primi coltivatori dell'astronomia, mediante l' osservazione degli eclissi. Qualunque volta la luna si scosta a bastanza dall' eclittica, per esser fuori dell' ombra che gitta la terra percossa dal sole, non vi può essere eclisse. Vedremo a suo tempo, dovervi sempre essere, quando la luna abbia meno di 1°, 4' di latitudine, cioè quando sia meno distante di 10°, 18' dal nodo. Osservando pertanto che gli eclissi succedevano mentre la luna era in punti dell' eclittica, più distaccati un dall' altro di quel che portava il doppio 24°, 36' della predetta quantità, il qual doppio comprende le due distanze dal medesimo nodo, l'una di sopra, l'altra di sotto dell' eclittica, s' accorsero gli antichi a piena evidenza, nell' intervallo fra gli eclissi paragonati, il nodo aver mutato situazione, aver sofferto dislocamento. Movendosi il nodo si move insieme il limite (412); e quindi la latitudine massima (e così tutte le altre minori) cade in punti dell' eclittica successivamente diversi.

705. L' ineguaglianza che nasce dal moto dei nodi consiste in questo. La correzione, che si applica alla longitudine sull' orbita per ridurla all' eclittica, cangia seguitamente di quantità per rispetto a qualsisia dato punto dell' eclittica stessa.

FINE

INDICE

DELLE MATERIE CONTENUTE

IN QUESTO VOLUME.

NB. *I numeri citati sono quelli dei Paragrafi.*

A

B

C

D

E

H

I

L

M

N

O

S

V

Z

INDICE

PARTE SECONDA